



21





ÜBER DIE

NATUR DER COMETEN.

GESCHICIITE UND THEORIE

DER

ERKENNTNISS.

VON

JOHANN CARL FRIEDRICH ZÖLLNER

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG.

MIT X TAFELN.

ZWEITE UNVERÄNDERTE AUFLAGE.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1872.

„Man is not a practical creature merely; he has within him a *speculative* tendency, a pleasure in the contemplation of ideal relations, a love of knowledge *as* knowledge."

W. WHEWELL
History of the inductive sciences.
Introduction. p. 13.

„Les spéculations de KEPLER sur l'univers sont presque oubliées. Mais elles méritent notre attention; car on y trouve, pour ainsi dire, les germes des vues de l'astronomie moderne sur l'arrangement du ciel étoilé."

F. G. W. STRUVE
Études d'Astronomie stellaire. p. 6.

ZUR ERINNERUNG

AN

JOHANNES KEPLER.

„Scripsi haec homo Germanus more et libertate Germanica quae quo major est, hoc plus fidei conciliat ingenuitati philosophantium."

KEPLER
Admonitio ad bibliopolas exteros
de
Opere Harmonico.

REGULAE PHILOSOPHANDI.

REGULA I.

Causas rerum naturalium non plures admitti debere, quam quae et verae sint et earum phaenomenis explicandis sufficiant.

Dicunt utique philosophi: Natura nihil agit frustra, et frustra sit per plura quod fieri potest per pauciora. Natura enim simplex est et rerum causis superfluis non luxuriat.

REGULA II.

Ideoque effectuum naturalium ejusdem generis eaedem assignandae sunt causae, quatenus fieri potest.

Uti respirationis in homine et in bestia; descensus lapidum in Europa et in America; lucis in igne culinari et in Sole; reflexionis lucis in terra et in planetis.

REGULA III.

Qualitates corporum quae intendi et remitti nequeunt, quaeque corporibus omnibus competunt in quibus experimenta instituere licet, pro qualitatibus corporum universorum habendae sunt.

Nam qualitates corporum non nisi per experimenta innotescunt, ideoque generales staduendae sunt quotquot cum experimentis generaliter quadrant; et quae minui non possunt, non possunt auferri. Certe contra experimentorum tenorem somnia temere confingenda non sunt, nec a naturae analogia recedendum est, quum ea simplex esse soleat et semper sibi consona.

REGULA IV.

In Philosophia experimentali, propositiones ex phaenomenis per inductionem collectae, non obstantibus contrariis hypothesibus, pro veris aut accurate aut quam proxime haberi debent, donec alia occurrerint phaenomena, per quae aut accuratiores reddantur aut exceptionibus obnoxiae.

Hoc fieri debet ne argumentum inductionis tollatur per hypotheses.

ISAAC NEWTON,
Philos. nat. Princ. math. Lib. III.

Nec manus nuda, *nec intellectus sibi permissus, multum valet:* instrumentis et auxiliis res perficitur, quibus opus est *non minus ad intellectum quam ad manum.*

BACO VERULAMIUS,
Novum Organon. Lib. I.

Vorrede.

„*Are we to live, scientifically, in the same way as alchemists and astrologers did in the Middle Ages? and are we to ignore all that Bacon and Newton have done for us?* If it be true that there is no royal road to knowledge on the firm earth, it is certain there is no such road through the air. *Let us use the imaginative faculty by all means; but, in doing so, let us take our stand on the firm ground of the known before we venture ourselves into the unknown.*"

Nature
1871 March 16.

Zu allen Zeiten wurden die Cometen den merkwürdigsten und räthselhaftesten Erscheinungen beigesellt, welche sich der menschlichen Betrachtung am Himmelsgewölbe darboten. Theils ihr plötzliches und scheinbar unvermitteltes Auftauchen aus den Tiefen des Weltraumes, theils ihr von allen andern Himmelskörpern so wesentlich abweichendes Aussehen machten sie seit den frühesten Zeiten zum Gegenstande besonderen Nachdenkens.

In der That, sie bildeten für unbewaffnete Augen die einzige Ausnahme von jener an allen übrigen Gestirnen beobachteten scheinbaren Ruhe und majestätischen Gleichförmigkeit der Bewegung. Nicht nur dass sie selber ihren Ort unter den übrigen Gestirnen schnell veränderten, sondern auch die wunderbar wechselnden Gestalten ihrer Schweife und deren Richtung, mussten sie für jede unbefangene Betrachtung als Körper ganz verschiedener Art und Herkunft im Vergleich zu den übrigen Körpern des Universums erscheinen lassen.

Was Wunder also, dass in Zeiten, wo der Glaube an die souveraine Beherrschung der Natur — und mit ihm die Lehre vom Gegensatze zwischen beseelten und unbeseelten Stoffen oder zwischen G e i s t und M a t e r i e — noch nicht zum Dogma erhoben war, die Cometen in engster Beziehung zu einem göttlichen Willen gebracht wurden, welchem auch der menschliche nach unwandelbaren und ewigen Gesetzen unterworfen ist.

Wenn nun heute zwar die Cometen nicht mehr als »Zuchtruthen des Himmels« betrachtet zu werden brauchen, um die Menschen an die Abhängigkeit und Ohnmacht ihres Willens zu erinnern, so dürfen sie dagegen um so eher als Zeichen des Himmels angesehen werden, durch welche wir eindringlich an die Beschränktheit unserer Erkenntniss und an die fast beschämende Art und Weise ihres Fortschrittes auf Erden für immer gemahnt werden.

Als ich der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig am 6. Mai dieses Jahres meine Untersuchungen »Ueber die Stabilität kosmischer Massen und die physische Beschaffenheit der Cometen« vortrug, war es nicht meine Absicht, mich auf Widerlegung entgegenstehender Ansichten und Behauptungen einzulassen, sondern durch eine möglichst einfache Begründung meiner eigenen Sätze die Unrichtigkeit der fremden zum Bewusstsein zu bringen.

Ich habe dieses Verfahren bei allen meinen bisherigen Arbeiten befolgt, und mich strenge von jeder kritischen Polemik ferngehalten, wenn ich nicht gleichzeitig an Stelle des Negirten etwas Positives aufzustellen im Stande war. Allein je mehr ich mich mit der Literatur über die Cometenerscheinungen vertraut machte, desto mehr wuchs mein Erstaunen über den Zustand, in welchem sich unsere Erkenntniss den physischen Ursachen jener Phänomene gegenüber befand.

Männer, deren Namen in Frankreich und England zu den gefeiertsten unter den Vertretern der Astronomie und Physik gehören, schreiben Abhandlungen über Cometen und ihre physische Beschaffenheit, ohne die fundamentalen und mühevollen Arbeiten von Olbers und Bessel verstanden[1] oder überhaupt nur gelesen zu haben.

Dennoch spiegelt sich in jenen Abhandlungen das Gefühl einer solchen Zuversicht und Selbstzufriedenheit, dass die ganze Art und

---

1) Wie leicht deutsche Arbeiten in Frankreich Missverständnissen ausgesetzt sind, mag man aus der folgenden Behauptung des Hrn. Faye ersehen: »Suivant M. Zoellner, le Soleil bien loin d'être à l'état gazeux est *entièrement solide*, sauf une mince couche liquide, semblable à de la lave en fusion, qui le recouvre entièrement.« Comptes rendus T. LXXIII. p. 1125. 13. Nov. 1871. Eine derartige Anschauung von dem Aggregatzustande der Sonne habe ich niemals vertreten. (Ausführlicheres hierüber in den Nachträgen und Aphorismen.)

Weise der Abfassung in grellem Contraste zu dem wissenschaftlichen Style früherer Zeiten steht.

Die Arbeit von OLBERS: »*Ueber den Schweif des grossen Cometen von 1811*« erschien im Januar 1812, diejenige von BESSEL: »*Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Cometen und dadurch veranlasste Bemerkungen*«, im Februar 1836.

Beide Arbeiten, die im ersten Theile dieser Schrift vollständig reproducirt sind, enthalten alles empirische Material, welches auf dem Wege der Induction zur Erkenntniss der wesentlichen physischen Ursachen der Cometenphänomene verwerthet werden konnte und dennoch befinden wir uns 35 Jahre nach dem Erscheinen der letzten Arbeit genau in derselben Unkenntniss über jene Ursachen, — nicht wie beim Beginne dieses Jahrhunderts, — nein, wie am Ende des 16. Jahrhunderts vor KEPLER's Arbeiten über Cometen!

Dass ich hier nicht übertreibe, dafür mag einfach die Thatsache angeführt werden, dass kein Geringerer als SIR JOHN HERSCHEL, um die Grösse und Tiefe unserer Unkenntniss hinsichtlich der physischen Ursachen der Cometen zu characterisiren, vergleichsweise von einem »tief geheimnissvollen Räthsel der Natur«, von »geisterhafter Textur« (»*spiritual texture*«) der Cometenschweife und einem »negativen Schatten« ihrer Kerne redet[1].

Um solche mystischen Analogien, sei es auch nur im symbolischen Sinne, über die Ursachen der Cometenphänomene auszusprechen[2], bedurfte es wahrlich nicht erst der Arbeiten von OLBERS und BESSEL. Man findet bereits über 200 Jahre früher bei KEPLER unendlich viel rationellere Anschauungen, ja sogar eine so vollkommene physikalische Theorie der Cometen, dass dieselbe nach meiner Ueberzeugung bis zur Begründung der Undulations-

---

1) Outlines of Astronomy by Sir JOHN HERSCHEL. 5 Ed. p. 379 ff. (1858). »Ohne Zweifel hängt die Bildung ihrer Schweife mit einem tief geheimnissvollen Räthsel der Natur zusammen.« Ausführlicheres im Text p. 207, 210.

2) Wie gefährlich derartige Vergleiche im Gebiete der Naturwissenschaft werden können, dafür wird der Leser im dritten Theile dieser Schrift genügende Beweise finden. (Vgl. unten p. 209 ff.)

theorie des Lichtes als die allein richtige hätte betrachtet werden müssen[1]).

Woher kommt nun dieser merkwürdige, fast 300jährige Stillstand oder besser Rückschritt im Erkenntnissprocesse gegenüber den physischen Ursachen der Cometenphänomene, während auf anderen Gebieten der Naturforschung tausende von emsigen Arbeitern, unbekümmert um jene Lücke, in rastloser Vermehrung empirischer Thatsachen schwelgen, und schon mit Hülfe des sogenannten »gesunden Menschenverstandes« glänzende Entdeckungen machen können?

Diese Frage gewann allmälig für mich ein so hohes wissenschaftliches Interesse, und ihre Beantwortung erschien mir auch für den ferneren Fortschritt unserer Erkenntniss der Natur so ausserordentlich wichtig, dass sie nach Beendigung der oben erwähnten Arbeit mein ganzes Nachdenken allein in Anspruch nahm.

Ich bin zu dem Resultate gelangt, dass es der Mehrzahl unter den heutigen Vertretern der exacten Wissenschaften an einer klar bewussten Kenntniss der ersten Principien der Erkenntnisstheorie gebreche. Bei der fast

---

1) Welch' ein gewaltiger Contrast der Natur-Anschauung spricht sich nicht zwischen jenen Worten HERSCHEL's und den folgenden KEPLER's aus:

»Von den Cometen ist diss mein einfältige Meynung, dass, wie es natürlich, dass aus jeder Erden ein Kraut wachse, auch ohne Saamen, und in jedem Wasser, sonderlich im weiten Meer, Fische wachsen und darinnen umbschweben, ... allermassen sey es auch mit der himmlischen, überall durchgängigen und ledigen Lufft beschaffen, ...«

»Solcher Cometen halte ich der Himmel so voll seye, als das Meer voller Fische ist. Dass man aber selten solcher Cometen ansichtig wird, geschicht wegen der unermesslichen Weite der himmlischen Lufft, daher es kömpt, dass nur allein diejenigen gesehen werden, welche nechst nebens des Erdbodens in der himmlischen Lufft fürüberschiessen«;

»Wann nun also ein durchsichtige, liechte Kugel oder Klumpff im Himmel schwebt, und die Sonne mit ihren rechtlinischen Straalen darauf trifft, denselben auch durchgehet, so halt ich, dass solche Straalen etwas von der Materi der Cometen-Kugel mit sich davon führen und also den Cometen bleichen, waschen, saigern, durchtreiben und endlich gar vertilgen, inmassen bei uns hie auf Erden die Sonne alle Farben aus leinen Tüchern vertilget, verzehret und vertreibet und sie also schneeweiss machet, etc.«

»So ist bekandt, dass die Sonne die dicke Nebel verzehre, zertreibe und discutire, welches Exempel sich auff der Cometen Materi besser reimet, wiewol wir noch nicht gewiss, was massen ein Nebel von der Sonne zu nicht gemacht werde.«

unerschöpflichen Ergiebigkeit, mit welcher sich auf rein empirischem Wege fortdauernd neue Thatsachen ergaben, war die Nöthigung zu einer stärkeren Entwickelung der logisch-inductiven Verstandesoperationen nicht vorhanden. Mit einigem Geschick, etwas Ausdauer und Neigung konnte ein Jeder, dem die genügenden Mittel zur Verfügung standen, die Menge des empirischen Materials durch werthvolle Beobachtungen und Experimente bereichern. So kam es, dass durch den Umfang und das Exclusive rein empirisch-wissenschaftlicher Bethätigung die Functionen zur bewussten Anwendung des Causalitätsgesetzes auf die Combination und Verwerthung des aufgespeicherten Materiales mehr und mehr verkümmerten. Ja es kam nicht selten vor, dass selbst der bescheidenste Versuch, einen Theil der gesammelten Thatsachen durch inductive Verallgemeinerung zu einem Gesetze oder Principe zu erheben, als der philosophischen Speculation verdächtig, von den Männern vom Fach gebrandmarkt wurde.

Ich bin weit davon entfernt, das Zweckmässige dieser Tendenz im Entwickelungsgange der Wissenschaft zu verkennen. Denn wahrscheinlich wäre es anders niemals zu einem so ungeheuren und mit der scrupulösesten Sorgfalt vorurtheilsfrei gesammelten und gesichteten Materiale von empirischen Thatsachen gekommen, welches heute dem menschlichen Geiste zur Deutung und zum Verständnisse der Welt zur Verfügung steht. Dass aber in der That die übergrosse Bethätigung an rein experimenteller und beobachtender Arbeit, und die damit nur allzuhäufig verbundene selbstgefällige Verachtung jeder anderen wissenschaftlichen Tendenz, die logische Schärfe der Verstandesoperationen in unserem Jahrhundert im Vergleich mit früheren herabgesetzt und vermindert hat, dafür lassen sich nicht nur zahlreiche Belege aus der Vergangenheit, sondern vor allem überraschende Thatsachen aus der unmittelbaren Gegenwart anführen.

Bereits vor 6 Jahren hatte ich auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, als ich in meinen »photometrischen Untersuchungen« die ältere Photosphären-Theorie der Sonne mit ihrem dunklen und relativ kaltem inneren Kerne kritisirte[1]).

---

1) »Die schnelle und allseitige Verbreitung, welche jene Hypothese aus dem Munde eines hochberühmten Mannes unter den Astronomen gefunden hat, wird dereinst Zeugniss ablegen, wie unsere Zeit trotz ihrer Ueberlegenheit an instru-

Man betrachtet auch heute noch allgemein die Resultate der Spectralanalyse bezüglich der chemischen Constitution der Sonnenatmosphäre als den Ausgangspunct für unsere Anschauungen von der physischen Beschaffenheit der Sonne, vor allem aber als den Beweis, dass sie ein durchweg glühender und heisser Körper sei, wie alle anderen licht- und wärmestrahlenden Körper, die einer genaueren Untersuchung an der Erdoberfläche zugänglich sind.

Diese einzige Thatsache wäre schon für die Richtigkeit meiner obigen Behauptungen entscheidend. Denn es wird hierdurch eine Unkenntniss der ersten Regel naturwissenschaftlicher Inductionen an den Tag gelegt, nach welcher wir logisch gezwungen sind, für solche Wirkungen, die bei genauerer Untersuchung nicht in die Kategorie von Sinnestäuschungen fallen und ausnahmslos bei allen Körpern beobachtet werden, auch dieselben Ursachen vorauszusetzen.

Angenommen, wir dürften uns einem Ofen aus irgend einem Grunde nur auf solche Entfernung nähern, dass eine Berührung seiner Oberfläche mit unserer Hand nicht stattfinden kann. Wenn wir nun hierbei dieselbe Hautreizung beobachten, welche alle heissen Körper schon in gewissem Abstande hervorrufen, würde da für unsere unbewussten Verstandesoperationen diese einzige Wahrnehmung allein nicht schon ausreichend sein, uns die unerschütterliche Ueberzeugung zu verschaffen, dass jener Ofen geheizt sei? Höchstens für unerfahrene Kinder wäre auch noch eine Berührung mit der Hand erforderlich, um sie durch den Schmerz zu überzeugen, dass sie es hier ebenso wie beim Feuer mit einem heissen Körper zu thun haben.*

In derselben Lage aber, wie sich hier im Gebiete der unbewussten Verstandesoperationen die Kinder einem Ofen gegenüber befinden, ebenso verhalten sich im Reiche des bewussten Erkenntnissprocesses diejenigen der Sonne gegenüber, welche glauben, erst die Spectralanalyse wäre nothwendig gewesen, um die ältere Photosphären-Hypothese mit ihrer Annahme eines Kernes von der mittleren Erdtemperatur zu beseitigen.

---

mentalen Hülfsmitteln und der Fülle an aufgespeichertem Beobachtungsmaterial, doch hinsichtlich einer klar bewussten Anwendung logisch-inductiver Principien hinter dem Zeitalter NEWTON's zurücksteht.« (a. a. O. p. 240.)

KIRCHHOFF selber, der Erste, welcher die Nothwendigkeit der Spectralanalyse aus allgemeinen mechanischen Principien auf deductivem Wege bewies und hierdurch alle seine inductiven Vorläufer auf diesem Gebiete so unvergleichlich überragt, betrachtet nicht erst die Resultate der Spectralanalyse als entscheidend für die Unzulässigkeit jener Photosphären-Hypothese, denn er sagt hierüber ausdrücklich Folgendes:

»Die Hypothese, welche man über die Beschaffenheit der Sonne aufgestellt hat, um diese Erklärung von den Sonnenflecken zu geben, scheint mir aber in solchem Grade sicheren physikalischen Erkenntnissen zu widersprechen, dass sie selbst dann verworfen werden müsste, wenn man nicht im Stande gewesen wäre, die Erscheinungen der Sonnenflecken auf eine andere Weise auch nur einigermassen begreiflich zu machen«[1].

Dass aber nun wirklich, wie ich behaupte, das Auftreten und die ganz allgemeine Verbreitung jener Hypothese unter den bedeutendsten Astronomen und Physikern der neueren Zeit auf nichts Anderes zurückzuführen ist, als auf eine Verminderung der Fähigkeit zu logisch-inductiven Operationen im Bereiche des bewussten Erkenntnissprocesses seit den ruhmvollen Zeiten von GALILEI, KEPLER und NEWTON, dafür möge die zweite *Regula philosophandi* des Letzteren den schlagenden Beweis liefern.

Dieselbe lautet folgendermassen und sollte eigentlich in Gemeinschaft mit den drei übrigen in goldenen Lettern in jedem Laboratorium und jedem Hörsaale für Naturwissenschaften zur Beherzigung an hervorragenden Stellen angebracht sein:

»*Effectuum naturalium ejusdem generis eaedem assignandae sunt causae quatenus fieri potest. — Uti respirationis in homine et in bestia; descensus lapidum in Europa et in America; lucis in igne culinari et in sole; reflexionis lucis in terra et in planetis.*«

Allein nicht nur bei den hervorragendsten Geistern, sondern auch allgemein bei den Vertretern der exacten Wissenschaften in vergangenen Jahrhunderten war das Bedürfniss und damit auch die Entwickelung einer Theorie des bewussten Erkennens

---

1) G. KIRCHHOFF, Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectra der chemischen Elemente p. 85. Abh. d. Berliner Academie 1861.

weit grösser und allgemeiner als in der Mitte des 19. Jahrhunderts; hierfür liefert die ganze naturwissenschaftliche Literatur jener Zeiten den sprechendsten Beleg.

Wenn man bedenkt, dass z. B. ein Mann wie LAMBERT, neben seinen mathematischen und naturwissenschaftlichen Arbeiten das Bedürfniss empfand, ausser seinem »Organon« noch ein dickes zweibändiges Werk über die »Theorie des Ersten und Einfachen in der philosophischen und mathematischen Erkenntniss«[1]) zu schreiben, so mag dies nur als eins von zahlreichen andern Beispielen angeführt werden, um den grossen Unterschied im Character des Erkenntnissbedürfnisses jener Vergangenheit unserer Gegenwart zum Bewusstsein zu bringen.

In früherer Zeit bildete wenigstens das Studium der classischen Sprachen und ihrer Grammatik eine Art practisch-philosophischer Propädeutik, denn beim Lernen einer fremden Sprache müssen zuerst diejenigen Operationen des Denkens bewusst vollzogen werden, welche bei der Muttersprache unbewusst von statten gehen. Der Geist wird also durch das Studium einer fremden Sprache im bewussten Denken geübt.

Wenn dagegen heut zu Tage ein junger Mann im Laboratorium eine neue Verbindung hergestellt oder gar eine »neue Reihe« entdeckt hat, so beschreibt er genau die Manipulationen und Analysen, welche ihn zu seinem Resultate geführt haben, diese Beschreibung wird als »Dissertation« gedruckt und die erste Staffel zum Gipfel des Ruhmes ist als »Doctor« glücklich erreicht. Wenn nun Neigung und Ausdauer zum weiteren Laboriren und vor allem genügende Mittel vorhanden sind, einige Zeit selbständig diesen liebgewordenen Beschäftigungen nachzugehen, so winkt als zweite Staffel die »Habilitation«. Ein zweiter glücklicher Fund, die Entdeckung einer zweiten »neuen Reihe« und siehe da, der Stoff zu einer Habilitationsschrift ist bereit.

Weht nun der Wind günstig, d. h. besitzt der junge Docent abgesehen von einem anziehenden Vortrage, die genügende Schmiegsamkeit und Liebenswürdigkeit des Characters, um einflussreichen und tonangebenden Männern der Wissenschaft als Herold ihres

---

1) J. H. LAMBERT, Anlage zur Architectonik oder Theorie des Ersten und Einfachen in der philosophischen und mathematischen Erkenntniss. Riga 1771.

Ruhmes zu dienen, so ankert auch bald das Schifflein im sicheren Hafen einer Professur und die grosse Gelehrten-Republik ist um einen neuen Bürger reicher. Ebenso wie in der Chemie geht es aber auch in anderen Wissenschaften: die Methoden und Instrumente sind vorhanden, die Formeln liegen bereit und besitzt der Jünger der Wissenschaft die erforderlichen Charactereigenschaften, vor allem Liebenswürdigkeit, Ausdauer, intellectuelle Resignation und robuste Gesundheit, so macht er Carriere und bringt es mit Leichtigkeit zum Professor, gleichgültig, ob er im Laboratorium »neue Reihen« oder auf Sternwarten neue Cometen und Planeten entdeckt.

Allein es ist nicht zu verkennen, dass sich gegenwärtig auf allen Gebieten der Naturforschung eine kräftige Reaction gegen jene einseitige Vermehrung des empirischen Materials vorbereitet. In Deutschland haben wir es vor allem HELMHOLTZ zu danken, dass er die Verdienste IMMANUEL KANT's um die Naturwissenschaften auch bei den »Männern vom Fach« wieder zu Ehren gebracht hat.

Ein nicht minder bedeutungsvolles Zeichen für das wieder erwachende speculative Bedürfniss in den Naturwissenschaften ist es, wenn der beständige Secretär der Academie der Wissenschaften zu Berlin, Herr EMIL DU BOIS-REYMOND, in öffentlicher Sitzung am 7. Juli 1870 über »LEIBNIZ'sche Gedanken in der neueren Naturwissenschaft« spricht und seine Rede also beginnt:

> »Mit KANT endet die Reihe der Philosophen, die im Vollbesitze der naturwissenschaftlichen Kenntnisse ihrer Zeit sich selber an der Arbeit der Naturforscher betheiligten. LEIBNIZ dagegen steht als mathematischer Physiker noch so gross da, dass man seine Leistungen in der von uns eigentlich sogenannten Philosophie verschweigen oder herabsetzen könnte, ohne dass er aufhörte, als einer der gewaltigsten Geister zu erscheinen. Und man würde irren, wollte man die Verbindung der mathematisch-physikalischen mit der speculativ-philosophischen Richtung in LEIBNIZ aus einer polyhistorischen Neigung herleiten«, ...
>
> »Hätte nur ein äusserliches Band, durch Zufall und Laune geknüpft, diese ungleichartigen Dinge in seinem Kopfe zusammengehalten, dann wäre LEIBNIZ nicht der würdige Heros des Cultus, den ihm mit

gleicher Inbrunst beide Classen dieser Academi weihen.«

Sehr characteristisch für die Gleichartigkeit der Fragen, die heut von den verschiedensten, auf der Höhe ihrer Zeit stehenden, exacte Forschern gleichzeitig und vollkommen unabhängig von einande ventilirt werden, sind die folgenden Stellen jener Rede:

Ueber die Art, wie die geistigen Vorgänge im Gehirne mi einander zusammenhängen, wird hier nichts vorausgesetzt, als das diese für jene die nothwendige Bedingung zu sein scheinen. Di Physiologie ist zwar die Wissenschaft von den näheren Bedingunge des Bewusstseins in der Welt: doch ist leicht zu zeigen dass es nie gelingen kann, auch nur die ersten Stufe des Bewusstseins, Lust und Unlust, denkend zu begreifen.«

»Eine der Grundthatsachen, auf denen die DARWIN'sche Theorie ruht, ist die Möglichkeit der Vererbung aller erdenklichen körperlichen und geistigen Besonderheiten und Fähigkeiten, welch durch die Neigung zur Varietätenbildung entstehen. Sie könne auf den Keim übergehen, können während langer Entwickelungsabschnitte schlummern, und unter geeigneten Umständen, als wäre sie durch diese hervorgerufen, plötzlich in aller Stärke sich bethätigen. So hat der grosse britische Denker und Forscher da Räthsel vieler sonst nur durch prästabilirte Harmonie zu erklärender, d. h. unbegreiflicher Kunsttriebe glücklich gelöst.«

»Sollte man sich nicht denken können, dass auc die sogenannten angebornen Ideen dergestalt ein natürliches Erbtheil unseres Geschlechtes sein?«

»Abermals trifft hier die LEIBNIZ'sche Lehre zusammen mi der Lehre DARWIN's, um durch sie formell bestätigt, dem Inhalt nach aber besiegt zu werden; denn es ist dergestalt die prästabilirte Harmonie gleichsam in den mechanischen Weltprocess aufgenommen.«

Den Schluss bilden die folgenden Worte:

»Von Vielem, was wir, des Ursprunges unserer Schätze nicht immer eingedenk, das Unsere nennen, könnte LEIBNIZ, nach zweihundert Jahren wiederkehrend, im sicheren Gefühle geistiger Urheber-

schaft sagen: Das ist Geist von meinem Geist, und Gedanke von meinem Gedanken.«

Ebenso zuversichtlich lässt sich behaupten, dass KEPLER, heute nach dreihundert Jahren wiederkehrend, im sichern Gefühle geistiger Urheberschaft, der neu erstandenen Physik des Himmels zurufen würde: Das ist Geist von meinem Geiste, und Gedanke von meinem Gedanken!

Fast genau um dieselbe Zeit, am 30. Mai 1870, hielt ein anderer deutscher Physiologe, Professor EWALD HERING, in feierlicher Sitzung der Academie der Wissenschaften zu Wien eine Rede: »Ueber das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organisirten Materie.«

Um den philosophisch-speculativen Character auch dieser Rede deutlich erkennen zu lassen, mögen hier nur Anfang und Schluss derselben angeführt werden:

»Wenn der Naturforscher die Werkstätte seiner begrenzten Sonderforschungen verlässt und eine Wanderung in's weite Reich philosophischer Betrachtungen wagt, wo er die Lösung jener grossen Räthsel zu finden hofft, um derentwillen er der Lösung der kleinen seine Tage widmet, so begleiten ihn die geheimen Befürchtungen derer, die er am Arbeitstische der Specialuntersuchung zurücklässt, und empfängt ihn das berechtigte Misstrauen jener, die er als Eingeborne im Reiche der Speculation begrüsst. So steht er in Gefahr, bei Ersteren zu verlieren, und bei Letzteren nicht zu gewinnen.«

»Man hat die mündliche und schriftliche Ueberlieferung das Gedächtniss der Menschheit genannt, und dieser Spruch hat seine Wahrheit. Aber noch ein anderes Gedächtniss lebt in ihr, das ist das angeborene Reproductionsvermögen der Gehirnsubstanz, und ohne dieses wären auch Schrift und Sprache nur leere Zeichen für das spätere Geschlecht. Denn die grössten Ideen, und wären sie tausendmal in Schrift und Sprache verewigt, sind Nichts für Köpfe, die nicht dazu gestimmt sind; sie wollen nicht blos gehört, sie wollen reproducirt sein. Und wenn nicht mit dem Reichthume der von Geschlecht zu Geschlecht überlieferten Ideen auch der Reichthum innerer und äusserer Entwicklung des Gehirns fortwachsend sich vererbte, wenn mit dem schriftlich bewahrten Gedanken nicht

auch das gesteigerte Vermögen zu seiner Reproduction auf die kommenden Geschlechter überginge, so wären Schrift und Sprache umsonst. Das bewusste Gedächtniss des Menschen verlischt mit dem Tode, aber das unbewusste Gedächtniss der Natur ist treu und unaustilgbar, und wem es gelang, ihr die Spuren seines Wirkens aufzudrücken, dessen gedenkt sie für immer.«

Und so liessen sich noch viele Thatsachen mittheilen, welche überall auch in andern Ländern den Beweis liefern, dass in der Gegenwart auf allen Gebieten der Naturwissenschaft fast gleichzeitig, wie durch ein geheimes Band verknüpft, die Geister das Bedürfniss nach speculativer Vertiefung ihrer emsig gesammelten Schätze von Beobachtungen machtvoll ergriffen hat. Noch vor 10 oder 20 Jahren hätte kein Naturforscher, ohne von seinen Collegen, speculativer Gelüste verdächtig, verketzert zu werden, solche Dinge öffentlich und in feierlicher Sitzung einer Academie aussprechen dürfen. Heute beginnt der Wind in der Geister-Atmosphäre sich zu drehen. Ein milder Aequatorialstrom, als Vorbote des nahenden Frühlings, will den rauhen Nord verdrängen und erfüllt die Herzen der Menschen mit Hoffnung auf sonnige und wärmere Tage.

In England kämpfen DARWIN und WALLACE unerschrocken für das Princip der Continuität der Organismen, und werden hierbei durch ihre Untersuchungen auf rein speculative Fragen über den Ursprung und die Natur der Kräfte und sittlichen Empfindungen geführt.

In Frankreich endlich — characteristisch genug — preist ein Academiker die speculative Begabung unseres grossen Landsmannes KEPLER, und vertheidigt ihn gegenüber den Ansichten eines LAPLACE, BAILLY und DELAMBRE, welche meinten, »es sei betrübend für den menschlichen Geist, zu sehen, wie selbst dieser grosse Mann in seinen Werken sich in phantastischen Speculationen gefällt und sie gleichsam als das Wesen und die Seele der Astronomie betrachtet.« [1])

---

1) LAPLACE, Précis de l'Histoire de l'Astronomie.

In den Lib. of usef. knowl. Gesch. der Astr. Seite 53 heisst es:

»KEPLER's glücklicher Erfolg wird wohl alle diejenigen mit Besorgniss erfüllen, die gewohnt sind, Beobachtungen und strenge Inductionen als das einzige Mittel zu betrachten, die Geheimnisse der Natur zu erforschen.« Und eben daselbst, in KEPLER's Leben, S. 14: »KEPLER's wunderbares Glück, aus den wildesten und ganz absurden Einfällen die Wahrheit herauszufinden«;

Heute aber, wo unser geläuterter Blick auch die Erscheinungen des geistigen Lebens als grossen Gesetzen unterworfen betrachtet und voraussetzt, dass die Natur auch hier ihre Zwecke auf dem möglich einfachsten Wege zu erreichen sucht — *quum ea simplex*

Ferner S. 54, wo von der Gefahr gesprochen wird: »in dem Aufsuchen der Wahrheit dem Beispiele KEPLER's zu folgen.«

Der oben erwähnte Franzose ist Hr. BERTRAND und der Titel seiner Schrift über KEPLER der folgende:

Notice sur la vie et les travaux de KEPLER par M. BERTRAND, Membre de l'Académie des Sciences. Lue dans la séance publique du 28. décembre 1863.

Eine characteristische Stelle hierin ist folgende (p. 36 ff.):

»Par la réunion des qualités les plus opposées, KÉPLER occupe dans l'histoire de la science une place tout exceptionnelle. En montrant, dès ses premiers pas dans l'étude de l'astronomie, le présomptueux espoir de déchiffrer l'énigme de la nature et de s'élever par le pur raisonnement à la connaissance des vues esthétiques du Créateur, il sembla d'abord s'égarer avec une audace insensée, et sans trouver fond ni rives, sur cette mer si vaste et si agitée où Descartes, poursuivant le même but, devait bientôt se perdre sans retour; mais, dans l'ardent et sincère élan de son âme vers la vérité, la curiosité de KÉPLER l'agite et l'entraîne sans que l'orgueil l'aveugle jamais; ne regardant comme certain que ce qui était démontré, il était toujours prêt à réformer ses jugements en sacrifiant les plus chères inventions de son esprit, aussitôt qu'un laborieux et sévère examen refusait de les confirmer: mais quelles sublimes émotions, quels accents d'enthousiasme et de joyeuse ivresse, lorsque le succès justifie ses témérités, et qu'après tant d'efforts il atteint enfin le but! Le noble orgueil qui élève et enfle parfois son langage n'a rien de commun avec la vaniteuse satisfaction d'un inventeur vulgaire. Superbe et audacieux quand il cherche, KÉPLER redevient modeste et simple dès qu'il a trouvé, et, dans la joie de son triomphe, c'est Dieu seul qu'il en glorifie. Son âme, aussi grande qu'elle était haute, fut sans ambition comme sans vanité; il ne désira ni les honneurs ni les applaudissements des hommes; n'affectant aucune supériorité sur les savants, aujourd'hui obscurs, auxquels sa correspondance est adressée, il montra constamment la même déférence respectueuse pour le vieux Moestlin, dont la seule gloire à nos yeux est d'avoir formé un tel disciple.« . . . .

»Les lois de KÉPLER sont le fondement solide et inébranlable de l'astronomie moderne, la règle immuable et éternelle du déplacement des astres dans l'espace; aucune autre découverte peut-être n'a mieux justifié ces paroles du sage: *Qui accroît la science accroît le travail;* aucune autre n'a enfanté de plus nombreux travaux et de plus grandes découvertes; mais la longue et pénible route qui y a conduit n'est connue que du petit nombre. Aucun des nombreux écrits de KÉPLER n'est considéré comme classique, ses ouvrages sont bien peu lus aujourd'hui; sa gloire seule sera immortelle: elle est écrite dans le ciel; les progrès de la science en peuvent ni la diminuer ni l'obscurcir, et les planètes, par la succession toujours constante de leurs mouvements réguliers, la raconteront de siècle en siècle.«

esse soleat et semper sibi consona — heute, wo wir die ganze intellectuelle und moralische Grösse KEPLER's unbefangen und neidlos bewundern müssen, geziemt es uns, ihn als ein Phänomen in seiner Totalität begreifen zu lernen. Wenn in der That die so entschiedene Neigung und der so überwältigende Hang zur Speculation einen der hervorstechendsten Characterzüge KEPLER's bildet, so werden wir wohl gezwungen sein, zwischen dieser Eigenschaft und seiner intellectuellen Leistungsfähigkeit ein Causalverhältniss vorauszusetzen.

»Verwundert euch nur«, ruft ein begeisterter Verehrer KEPLER's aus, »verwundert euch nur über »»KEPLER's wunderbares Glück, aus den wildesten, ungereimtesten Einfällen die Wahrheit herauszufinden««: wir wissen, dass bei unserem Helden eines das andere trägt, eines mit dem anderen auf eine ganz eigenthümliche Weise zu einem ganz eigenthümlichen Ganzen verwebt ist.« [1]).

Wer weiss es, ob die Zukunft nicht manche jener »wilden Träume« KEPLER's zur lebensvollen Wirklichkeit erstehen lässt und uns zwingt, in ihnen eine unbewusste Anticipation des Genies von der zukünftigen Entwickelung der Astronomie zu erblicken.

Wie aber dem auch sein mag, KEPLER wird ewig für alle diejenigen ein unlösbares, psychologisches Problem bleiben, welche nicht im Stande sind, den Zusammenhang zu begreifen, welcher die Arbeit des Kopfes mit dem Pulsschlag des menschlichen Herzens in Verbindung setzt.

Hören wir was ein geistvoller und denkender Engländer [2]) bereits vor 35 Jahren über den intellectuellen Character unseres KEPLER gesagt hat:

»Verschiedene Schriftsteller besonders der neueren Zeiten, die uns eine Uebersicht der Entdeckungen KEPLER's gegeben haben,

---

1) C. G. REUSCHLE. KEPLER und die Astronomie. Zum dreihundertjährigen Jubiläum von KEPLER's Geburt am 27. Dec. 1571. (Frankfurt 1871).

2) History of the inductive Science from the earliest to the present times. By the Rev. WILLIAM WHEWELL. M. A. Fellow and Tutor of Trinity College President of the Geological Society of London. III Vol. London J. W. PARKER 1837.

Die obigen Worte sind der deutschen Uebersetzung von LITTROW entnommen. I. Theil p. 416 ff. und III. Theil p. 164.

waren überrascht und gleichsam unzufrieden damit, dass seine scheinbar so willkürlichen und phantastischen Conjecturen zu so grossen und wichtigen Entdeckungen geführt haben. Sie wurden durch die Lehre ganz in Schrecken gesetzt, die ihre Leser aus der Erzählung des abenteuerlichen Zuges nach dem goldenen Fliesse der Erkenntniss ziehen möchten, in welcher der grillenhafte, eigenwillige Held alle herkömmlichen Gesetze des Denkens, wie sie glauben, verletzt, und doch am Ende den glänzendsten Triumph gefeiert habe. — Vielleicht lässt sich aber dieses Paradoxon durch einige einfache Bemerkungen erklären.«

»Zuerst dürfen wir sagen, dass die Hauptidee, die KEPLERN in allen seinen Versuchen leitete, nicht nur völlig wahr, sondern dass sie auch zugleich eine sehr philosophische und scharfsinnige Idee gewesen ist, dass nämlich irgend ein algebraisches oder geometrisches Verhältniss zwischen den Distanzen der Planeten, und zwischen ihren Umlaufzeiten oder Geschwindigkeiten existiren müsse. Die feste und unerschütterliche Ueberzeugung von dem Dasein einer solchen Wahrheit regelte alle seine Versuche, so sonderbar und phantastisch sie auch scheinen mochten.«

»Dann lässt sich aber auch wohl behaupten, dass grosse Entdeckungen gewöhnlich nicht ohne Wagniss des kühnen Entdeckers aufzutreten pflegen.«

»Die Erfindungskraft besteht in dem Talente, alle Fälle, die eintreten können, schnell zu übersehen, und aus ihnen die geeigneten auszuwählen. Wenn die ungeeigneten einmal als solche erkannt und verworfen sind, so werden sie auch gewöhnlich bald ganz vergessen, und nur wenige jener Entdecker haben es für gut befunden, uns auch ihre verunglückten Hypothesen und ihre misslungenen Versuche mitzutheilen, wie KEPLER es gethan hat. Wer immer eine Wahrheit fand, musste gewöhnlich manchen Irrweg zurücklegen, um zu ihr zu gelangen, und jeder jetzt als wahr erkannte Satz musste zuerst aus mehreren andern unwahren hervorgesucht und ausgewählt werden.«

»Aber darauf kommt es an, die Falschheit derselben schnell zu entdecken, und den Irrweg nicht länger zu verfolgen, sondern sich sogleich wieder der Wahrheit zuzuwenden. KEPLER ist auch dadurch ein so merkwürdiger Mann geworden, dass er uns erzählt,

wie er seine Irrthümer selbst zu widerlegen suchte, und dass er uns dies ebenso umständlich als offenherzig erzählt. Dadurch sind seine Schriften in hohem Grade lehrreich und interessant geworden, indem sie uns ein treues Gemälde von dem Verfahren geben, das der menschliche Geist bei seinen Entdeckungen zu befolgen pflegt. Sie zeigen, wir wagen es zu sagen, den gewöhnlichen (obschon etwas carrikirten) Weg des inventiven Talents; sie zeigen uns die Regel, und keineswegs, wie manche bisher geglaubt haben, die Ausnahme von dem Verfahren, welches das Genie bei seinen Unternehmungen zu verfolgen pflegt. Setzen wir noch hinzu, dass wohl manche von KEPLER's Einfällen uns phantastisch und selbst absurd erscheinen, jetzt wo Zeit und Nachdenken sie längst widerlegt haben, dass aber auch andere, die in seinen Tagen ganz eben so willkürlich und grundlos waren, in der Folgezeit auf eine Weise bestätigt worden sind, dass sie nun uns höchst scharfsinnig und bewunderungswürdig erscheinen, wie z. B. seine Behauptung von der Rotation der Sonne um ihre Achse, die er noch vor der Erfindung des Fernrohres gemacht hat, oder seine Ansicht von der Abnahme der Schiefe der Ekliptik, die ihm zufolge noch lange dauern, aber dann inne halten und endlich wieder in eine Zunahme übergehen wird. Wie richtig, wie poetisch schön ist sein Gemälde von der Art, wie er die Wahrheit suchte, die sich bald vor ihm zurückzog, bald wieder zur Nachfolge reizte, und wie glücklich spielt er dabei auf die liebliche Stelle in VIRGIL's Eklogen an:

Malo me Galatea petit, lasciva puella,
Et fugit ad salices et se cupit ante videri.«

»Der mystische Theil seiner Ansichten von der Natur scheint auf seine Entdeckungen keinen nachtheiligen Einfluss gehabt, sondern vielmehr seine Erfindungskraft und seine ganze geistige Thätigkeit nur noch mehr aufgereizt zu haben.«

»In der That sieht man oft, dass, wenn nur überhaupt klare Begriffe über einen bestimmten Gegenstand in dem menschlichen Geiste vorherrschen, mystische Ansichten über andere Gegenstände dem glücklichen Auffinden der Wahrheit nicht eben hinderlich scheinen.«

Ueber das Verhältniss NEWTON's zu KEPLER heisst es an einer andern Stelle:

»Hat man doch eben so auch die Originalität der Entdeckungen NEWTON's bezweifeln wollen, weil sie schon in denen von KEPLER enthalten sein sollten. Auch waren sie in der That in denselben enthalten, allein es bedurfte eines NEWTON's, um sie darin aufzufinden.«

In dieser Weise spricht sich ein Mann über KEPLER aus, dessen Name zu den wissenschaftlichen Zierden Englands gehört und der mit den exacten nicht minder als mit den philosophischen Wissenschaften vertraut ist. Mögen solche Worte namentlich diejenigen unter uns beherzigen, welche von KEPLER als von einem phantastischen Schwärmer geringschätzig zu reden sich gewöhnt haben, damit ihnen das peinliche Gefühl erspart bleibe, über die universelle Bedeutung eines Deutschen erst durch die Belehrung eines Fremden aufgeklärt zu werden.

Wenn die angeführten Erscheinungen zur Genüge das allgemeine Wiedererwachen speculativen Bedürfnisses auch in den exacten Wissenschaften beweisen, so will ich jetzt untersuchen, in welcher Art und Weise von verschiedenen Völkern die Befriedigung dieses Bedürfnisses versucht und angestrebt wird.

Wie schon oben bemerkt, sind es in England vor Allem die Untersuchungen DARWIN's und WALLACE's, welche als Ausgangspuncte jener grossen Bewegung in den Vorstellungskreisen aller denkenden Naturforscher der Gegenwart betrachtet werden müssen. Neidlos und freudig bereit, die Wahrheit zu empfangen, gleichgültig woher sie komme, hat auch der deutsche Geist jene grosse Idee der Continuität der Welt erfasst und dankbar gegen ihre Urheber zu der seinigen gemacht.

Aber welch' ein Unterschied in der Conception dieses Gedankens! Während der britische Denker sich abmüht, durch unerschöpfliches Material seine Hypothese inductiv zu beweisen, verlangt der erste Deutsche, welcher seinen Landsleuten jene Lehre begeistert in ihrer Muttersprache verkündet, gleichsam als wollte er dem Engländer zurufen: »aber was hülfe es dir so du die ganze Welt gewönnest«, einen deductiven Beweis.

Wenn DARWIN den Satz aufstellt:

»Daher ich annehme, dass wahrscheinlich alle organischen Wesen, die jemals auf dieser Erde gelebt, von irgend einer Urform abstammen, welcher das Leben zuerst vom Schöpfer eingehaucht worden ist«,[1]) so begleitet der deutsche Uebersetzer denselben mit den folgenden Bemerkungen:

»Aber immer ist noch ein persönlicher Schöpfungsact für dieses organische Wesen nöthig, und wenn derselbe einmal erforderlich, so scheint es uns ganz gleichgültig, ob der erste Schöpfungsact sich nur mit einer oder mit 10 oder mit 100000 Arten befasst, und ob er dies nur ein für allemal gethan oder von Zeit zu Zeit wiederholt hat. Es fragt sich nicht, wie viele Organismen-Arten derselbe in's Leben gerufen, sondern, ob es überhaupt jemals nöthig sein kann, dass dieser eingreife in die wundervollen Getriebe der Natur und statt eines bewegenden Naturgesetzes aushelfend wirke! Wenn Herr DARWIN die organische Schöpfung überhaupt angreift, so muss er nach unserer Ueberzeugung auch auf die Erschaffung einer ersten Alge verzichten!«

»Und in dieser Thatsache, dass die neue Theorie noch die unmittelbare Erschaffung wenn auch nur eines Dutzends, ja wenn auch nur einer einzigen Organismen-Art erheischt, erblicken wir einen . . . wesentlichen Einwand gegen dieselbe, weil, dies einmal zugestanden, nicht der entfernteste Grund mehr vorliegt, ihr die ungeheure und so schwer zu erfassende Ausdehnung anzueignen, die ihr Herr DARWIN giebt.«[2])

»Unsere innigste Ueberzeugung ist, dass alle Bewegungen auch in der organischen Natur einem grossen Gesetze unterliegen, dass dieses Gesetz, allen organischen Erscheinungen entsprechend, ein Entwickelungs- und Fortbildungs-Gesetz sei, und dass das Gesetz, welches die heutige Lebenswelt beherrscht, auch ihr Entstehen bedingt und ihre ganze geologische Entwickelung geleitet habe.«[3])

---

1) CHARLES DARWIN. Ueber die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung. Deutsche Ausgabe von Dr. H. G. BRONN. 1860. p. 488.

2) Ebendaselbst p. 516.

3) Ebendaselbst p. 517.

Man sieht hieraus deutlich, dass das deductive Bedürfniss des germanischen Geistes das Problem DARWIN's in viel grösserer Allgemeinheit erfasst, mehr vom Standpuncte der Erkenntnisstheorie als von dem der unmittelbar beobachteten Thatsachen. Letzterer muss nothwendig stets ein beschränkter und eng begrenzter bleiben, ersterer dagegen eröffnet den Blick in ungemessene Fernen, denn er involvirt die bewusste Erkenntniss der Bedingungen der Begreiflichkeit der Welt. Von diesem Gesichtspuncte aus erscheint in der That das Princip DARWIN's als nichts anderes, als die Hypothese von der Begreiflichkeit der organischen Natur. Wenn es aber an sich klar und eine Forderung der Logik ist, »dass die Wissenschaft, deren Zweck es ist, die Natur zu begreifen, von der Voraussetzung ihrer Begreiflichkeit ausgehen müsse, und dieser Voraussetzung gemäss schliessen und untersuchen«[1]), so muss sie auch die Continuität der Causalreihe ebensowohl in der organischen als anorganischen Natur im Princip voraussetzen und nicht Schöpfungsacte, d. h. Discontinuitäten der Causalreihe in ihren Schlussreihen zulassen.

> »Ihr Geschäft wird vollendet sein, wenn einmal die Zurückleitung der Erscheinungen auf einfache Kräfte vollendet ist, und zugleich nachgewiesen werden kann, dass die gegebene die einzig mögliche Zurückführung sei, welche die Erscheinungen zulassen. Dann wäre dieselbe als die nothwendige Begriffsform der Naturauffassung erwiesen, es würde derselben alsdann also auch objective Wahrheit zuzuschreiben sein.«[2])

Wenn bereits durch die angeführten Thatsachen ein Unterschied in der Intensität des deductiven Bedürfnisses bei den Engländern und Deutschen zu Tage tritt, so zeigt sich ein noch viel bedeutenderer Contrast an dem Umfange und Erfolge, mit welchem sich jenes Bedürfniss bei Behandlung und Lösung speculativer Fragen bethätigt. Naturgemäss werden zunächst die organischen Wissenschaften durch die Probleme ihrer Specialforschung an jene Kluft geführt, welche schroff zwischen dem unorganischen und organischen Reiche der Natur einen Riss in der zeitlich und räumlich ausgedehnten Causalreihe

1) HELMHOLTZ. Ueber die Erhaltung der Kraft. p. 3.

2) Ebendaselbst p. 7.

bildet. Die Vertreter dieser Wissenschaften haben daher auch i
erster Linie die Berechtigung, sich mit speculativen Fragen zu be
schäftigen. Nichtsdestoweniger bieten uns gegenwärtig die Eng
länder das ebenso merkwürdige als überraschende Beispiel dar, das
auch Vertreter der physikalisch-mathematischen Wissenschaften sic
an jener speculativen Geistesarbeit betheiligen und arglos die philo
sophisch-speculative Arena betreten. Mit welchem Glück und Erfolg
und vor Allem mit welcher Rüstung und Vorbereitung, wollen wi
jetzt etwas näher untersuchen.

Ich will mich hier nicht mit Männern von untergeordneten Lei
stungen befassen. Hierüber findet der Leser hinreichenden Stoff i
dritten Theile der vorliegenden Schrift. Ich wende mich vielmeh
gleich zu Männern von dem physikalischen und mathematische
Scharfsinne eines Sir WILLIAM THOMSON, der auf seinem Special
gebiete als eine wissenschaftliche Zierde Englands betrachtet wird.

Als Präsident der Britischen Naturforscherversammlung in Edin
burg hat Sir WILLIAM THOMSON in diesem Jahre eine Eröffnungs
rede gehalten[1], in welcher er unter anderem auch die Frage discu
tirt: »Wie entstand nun das erste Leben auf der Erde?«

Sir WILLIAM THOMSON beantwortet diese Frage in folgende
Weise.

> »Verfolgt man die physikalische Geschichte der Erde rück
> wärts nach strengen dynamischen Principien, so gelangen wir z
> einer rothglühenden geschmolzenen Kugel, auf der kein Leben exi
> stiren konnte. Als nun die Erde zuerst für Leben geeignet wurde
> gab es kein lebendes Wesen auf derselben. Es gab feste un
> aufgelöste Felsen, Wasser, Luft ringsumher, eine glänzende Sonn
> wärmte und beleuchtete es, und Alles war bereit, ein Garten z
> werden. Sprangen Gras, Bäume und Blumen in's Dasein in al
> ihrer Fülle der reifen Schönheit durch ein *fiat* einer schöpferische
> Macht? oder wuchs die Vegetation aus ausgesäetem Samen, de
> über die ganze Erde ausgebreitet wurde?« ....
>
> »Wenn eine vulkanische Insel aus dem Meere auftaucht un
> nach wenig Jahren mit Vegetation bekleidet ist, tragen wir kei

1) Die Rede ist abgedruckt in der englischen Zeitschrift *Nature* Aug. 3
und befindet sich ihrem wesentlichsten Inhalte nach übersetzt in der deutsche
Zeitschrift »der Naturforscher vom 16. Sept. 1871.«

Bedenken anzunehmen, dass Samen zu ihr durch die Luft geführt worden oder auf Flössen zu ihr herangeschwommen sind. Ist es nicht möglich, und wenn es möglich, ist es nicht wahrscheinlich, dass der Anfang des vegetabilischen Lebens auf der Erde in ähnlicher Weise erklärt werden kann? Jedes Jahr fallen Tausende, wahrscheinlich Millionen von Bruchstücken fester Substanz auf die Erde. — Woher kommen diese Bruchstücke?« . . . .

»Wenn zwei grosse Massen im Raume in Collision kommen, ist es sicher, dass ein grosser Theil derselben geschmolzen wird; aber es scheint ebenso sicher, dass in manchen Fällen eine grosse Menge von Trümmern nach allen Richtungen geschleudert werden muss, unter denen viele keine grössere Beschädigung erlitten, als einzelne Felsstücke bei einem Erdrutsch oder beim Sprengen mit Pulver erfahren. Würde die Zeit, wenn unsere Erde mit einem andern Körper, der ebenso gross ist, als sie selbst, in Collision kommt, eintreten, da sie noch mit Vegetation begleitet ist, dann würden manche grosse und kleine Bruchstücke, die Samen, lebende Pflanzen und Thiere tragen, zweifellos durch den Raum verstreut werden. Deshalb und weil wir alle fest glauben, dass es gegenwärtig manche Welten mit Leben ausser unserer eigenen giebt und von undenklichen Zeiten her gegeben hat, müssen wir es als in hohem Grade wahrscheinlich betrachten, dass zahllose Samen tragende Meteorsteine sich durch den Raum bewegen. Wenn, im jetzigen Augenblick, kein Leben auf der Erde existirte, würde ein Stein, der auf sie fiele, durch das, was wir natürliche Ursache nennen, dazu führen, dass sie sich mit Vegetation bedeckte.« . . . .

»Die Hypothese, dass das Leben auf unserer Erde entstand durch bewachsene Bruchstücke von den Ruinen einer andern Welt, mag abenteuerlich und phantastisch erscheinen; was ich behaupte, ist, dass sie nicht unwissenschaftlich ist.«

(*»The hypothesis that life originated on this earth through moss-grown fragments from the ruins of another world may seem wild and visionary; all I maintain is that it is not unscientific.«*)

Ich halte mich hier nur an den Schlusssatz und glaube, beweisen zu können, dass die Hypothese Sir WILLIAM THOMSON's über

die Entstehung des ersten Lebens auf der Erde in doppelter Weise als unwissenschaftlich zu bezeichnen ist.

Erstens ist die Hypothese in formaler oder logischer Beziehung unwissenschaftlich; denn sie verwandelt die ursprünglich einfache Frage, warum hat sich unsere Erde mit Organismen bedeckt, in eine zweifache: warum hat sich jener Weltkörper, von dem Bruchstücke auf unsere Erde fallen, mit Vegetation bedeckt und warum unsere Erde nicht? Die Frage wird nur hinaus- und zurückgeschoben, gleichsam vertagt. Will aber etwa Sir WILLIAM THOMSON mit Rücksicht auf eine frühere Behauptung [1]) unorganische und organische Materie wie zwei von Ewigkeit her verschiedene Substanzen, ähnlich wie nach unseren gegenwärtigen Vorstellungen zwei chemische Elemente betrachten, so würde einer solchen Annahme die erfahrungsmässig bewiesene Zerstörbarkeit der Organismen durch Temperaturerhöhung widersprechen.

Zweitens ist die Hypothese ihrem materiellen Inhalte nach unwissenschaftlich. Wenn ein Meteorstein mit planetarischer Geschwindigkeit in unsere Atmosphäre dringt, so verwandelt sich der durch Reibung entstandene Verlust an lebendiger Kraft in Wärme, welche die Temperatur des Steines bis zu derjenigen Höhe erhebt, bei welcher ein Glüh- und Verbrennungsprocess stattfindet. Dies ist wenigstens, so weit mir bekannt, eine gegenwärtig von der Wissenschaft allgemein angenommene Theorie der Sternschnuppen und Feuerkugeln, welche auch wohl Sir WILLIAM THOMSON, bei der gerade nach dieser Richtung hin stark cultivirten Seite seiner Studien, nicht unbekannt sein dürfte. Wenn daher jener mit Organismen bedeckte Meteorstein auch beim Zertrümmern seines Mutterkörpers mit heiler Haut davon gekommen wäre und nicht an der allgemeinen Temperaturerhöhung Theil genommen hätte, so müsste er doch nothwendig erst die Erdatmosphäre passirt haben, ehe er sich seiner Organismen zur Bevölkerung der Erde entledigen konnte.

Folglich »*if it be true that there is no royal road to knowledge on the firm earth, it is certain there is no such road through the air.*«

Solchen Speculationen gegenüber wird es mir vielleicht ge-

1) »Todte Materie kann nicht lebendig werden, wenn sie nicht unter den Einfluss von vorher lebender Materie gelangt. Dies scheint mir ein so sicherer Lehrsatz zu sein wie das Gesetz der Gravitation.«

stattet sein, ohne anmassend zu erscheinen, hier diejenigen Worte anzuführen, welche ich selbst vor 6 Jahren über diese Frage ausgesprochen und veröffentlicht habe.[1])

»Den Gesetzen unseres Verstandes gemäss sind wir gezwungen, für jede Veränderung in der Natur einen zureichenden Grund vorauszusetzen. Es muss demnach, zufolge dieses Causalitätsgesetzes, der in gegenwärtigem Momente stattfindende Zustand der ganzen sinnlich wahrnehmbaren Welt als die nothwendige Folge des diesem Momente unmittelbar vorangegangenen Zustandes betrachtet werden. Da nun aber dasselbe auch von diesem Zustande gilt und so fort *in infinitum*, so ist man gezwungen, jede Veränderung als das Resultat einer unendlichen, nach dem Causalitätsgesetze verknüpften Reihe vorangegangener Veränderungen aufzufassen. Verfolgen wir diese Causalreihe, so weit sie irdische Veränderungen betrifft, fortdauernd rückwärts, so werden wir nothwendig zuletzt auf jenen primitiven, glühend-gasförmigen Zustand unseres Planetensystems geführt, aus dem sich unsere Sonne mit ihren Planeten entwickelt hat.

Unter Voraussetzung der Continuität der Causalreihe sind also in diesem Zustande die letzten, uns wissenschaftlich zugänglichen, Glieder der unermesslich langen Reihe nothwendig verknüpfter Veränderungen zu suchen, als deren Resultat sich der gegenwärtige Zustand der Erdoberfläche unserem Verstande darstellt.

Da nun bei der hohen Temperatur des primitiven Gluthzustandes organische Keime in unserem heutigen Sinne nicht bestehen konnten, so muss es auf unserem Planeten einst eine Zeit gegeben haben, in welcher sich aus unorganischer Materie Organismen entwickelten. — Der Streit über die Existenz einer *generatio equivoca* und die neuerdings zu ihrer Widerlegung angestellten Versuche können also von diesem Gesichtspuncte aus nur einen relativen Werth haben, indem sie uns zeigen, dass wir bei der Beschränktheit unserer Mittel und unseres Verstandes gegenwärtig nicht im Stande sind, die erforderlichen Bedingungen zur spontanen Bildung organischer Zellen aus unorganischer Materie

1) Photometrische Untersuchungen, mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. p. 263.

derartig zu realisiren, dass jede Möglichkeit einer anderen Zeugungsart ausgeschlossen wäre. Dass aber einst wirklich eine *generatio equivoca* stattgefunden habe, kann für den menschlichen Verstand nicht anders als mit Aufhebung des Causalitätsgesetzes geläugnet werden.

Diejenigen, welche behaupten, es sei für die Entstehung der Organismen die Annahme einer solchen Discontinuität der Causalreihe erforderlich, hätten zunächst den Beweis zu liefern, dass das Zusammenwirken aller einst vorhandenen Bedingungen nicht im Stande gewesen sei, zu einer bestimmten Zeit das in Rede stehende Phänomen hervorzurufen.

Zwei primitive, glühend-gasförmige Dunstmassen, welche sich an zwei ganz verschiedenen Stellen im Raume befinden und bezüglich aller ihrer Eigenschaften zu einer bestimmten Zeit vollkommen übereinstimmten, müssten mit Nothwendigkeit bis in die kleinsten Details herab auch dieselbe Aufeinanderfolge von Veränderungen durchlaufen. Da wir nun wissen, dass die chemischen Elemente, aus denen Planeten und Fixsterne bestehen, nicht *toto genere* von den auf der Erde anzutreffenden verschieden sind, so werden wir auch bezüglich der organischen Entwickelungen auf den Planeten unseres und anderer Sonnensysteme von ähnlichen Ursachen auf ähnliche Wirkungen schliessen dürfen.

Gestattet demnach die Abkühlung, die Stärke der Insolation und die Intensität der Schwere eines Planeten die Entwickelung von Organismen auf seiner Oberfläche, so werden dieselben im Allgemeinen als analog den Typen der vorweltlichen und gegenwärtigen Flora und Fauna der Erde vorausgesetzt werden können.«

Dass die Naturforscher heute noch einen so ungemeinen Werth auf den inductiven Beweis der *generatio equivoca* legen, ist das deutlichste Zeichen, wie wenig sie sich mit den ersten Principien der Erkenntnisstheorie vertraut gemacht haben. Denn gesetzt, es gelänge nun wirklich, das Entstehen organischer Keime unter Bedingungen zu beobachten, die vollkommen einwurfsfrei gegen jede denkbare Communication mit der Atmosphäre wären, — was wollte man Jemandem erwidern, wenn er behauptete, die organischen Urkeime wären bezüglich ihrer Grösse von der Ordnung der Aetheratome,

und drängten sich mit den letzteren gemeinsam durch die Zwischenräume der materiellen Molecüle, welche die Wandungen unserer Apparate constituiren?

Verlangt man doch von keinem Naturforscher, dass er uns erst die Atome des Aethers und seine Schwingungen zeige, ehe wir uns auf die fruchtbaren Deductionen der Undulationstheorie einlassen. Weshalb nicht? Weil der Aether und seine Bewegungen nur die Bedingungen für die Begreiflichkeit der Phänomene des Lichtes in der Undulationstheorie aussprechen.

Ebenso drückt die Hypothese von der *generatio equivoca*, d. h. von der Möglichkeit der Entstehung organischer aus unorganischer Materie, nichts anderes als die Bedingung für die Begreiflichkeit der Natur nach dem Causalitätsgesetze aus. Ihre Wahrheit kann nur allmälig aus der Uebereinstimmung der daraus abgeleiteten mit den beobachteten Thatsachen erkannt werden, ganz wie dies bei der Theorie des Lichtes der Fall ist.

Die Hypothese selbst aber, muss, als Bedingung für die Begreiflichkeit, allen Bemühungen des Begreifens selber vorausgehen, denn »jedenfalls ist es klar, dass die Wissenschaft, deren Zweck es ist, die Natur zu begreifen, von der Voraussetzung ihrer Begreiflichkeit ausgehen müsse, und dieser Voraussetzung gemäss schliessen und untersuchen.«[1])

Dessen ungeachtet bezeichnet Sir William Thomson in seiner Rede die Annahme, dass unter gewissen, von uns aber nicht willkürlich herzustellenden Bedingungen aus unorganischer Materie organische entstanden sei, als »eine sehr alte Vorstellung, an die sich noch manche Naturforscher klammern, indem sie annehmen, dass unter meteorologischen Verhältnissen, die sehr verschieden waren von den jetzigen, todte Materie zusammengelaufen oder krystallisirt oder gegohren sei zu Lebenskeimen, oder organischen Zellen, oder Protoplasma.« Glaubt Sir William Thomson, indem er auf das hohe Alter dieser Vorstellung hinweist, ein Argument gegen ihre Wahrheit gefunden zu haben, so erlaube ich mir, ihn daran zu erinnern, dass der Inhalt einer jeden Wahrheit das Aelteste ist, was überhaupt existirt.

---

1) Helmholtz. Ueber die Erhaltung der Kraft. p. 3.

Indessen jene Rede liefert uns noch fernere Beweise für den primitiven Zustand der Erkenntnisstheorie bei den ersten Vertretern der exacten Wissenschaften in England.

Sir William Thomson bespricht unter Anderem auch die Entdeckung der Spectralanalyse vom Standpuncte ihrer historischen Entwickelung.

Ich werde mir erlauben, hier nur die characteristischen Stellen dieses Theiles der Rede in der oben erwähnten deutschen Uebersetzung wiederzugeben.

Sir William Thomson sagt:

»Die Analyse des Lichtes durch das Prisma, die Newton entdeckte, hielt er selbst für die seltsamste, wenn nicht die wichtigste Entdeckung, die bisher in der Natur gemacht worden.«

»Wäre er nicht von dem Gegenstande abgekommen, er hätte zweifellos ein reines Spectrum erhalten; aber dieses mit der unvermeidlich folgenden Entdeckung der dunklen Linien blieb dem neunzehnten Jahrhundert aufbewahrt. Unsere Hauptkenntniss der dunklen Linien verdanken wir nur Fraunhofer.« . . . .

»Das Prisma wurde ein Instrument zur qualitiven, chemischen Analyse in den Händen von Fox Talbot und Herschel, der zuerst zeigte, wie durch dasselbe die alte Löthrohrprobe, oder allgemein die Erkennung von Substanzen aus den Farben, welche sie den Flammen ertheilen, mit einer Genauigkeit und Feinheit verfolgt werden kann, wie man sie nicht erhält, wenn die Farbe mit dem unbewaffneten Auge beurtheilt wird. Aber die Anwendung dieser Probe auf die Chemie der Sterne und der Sonne war, wie ich glaube, noch niemals, weder direct, noch indirict, vorgeschlagen worden, als sie Stokes mich in *Cambridge* im Sommer 1852 lehrte. Als Fundamente stützte er sich dabei auf folgende Beobachtungen und Experimente.«

Unter diesen Experimenten nimmt die Coincidenz der beiden dunklen Linien im Sonnenspectrum mit zwei hellen Linien im Spectrum einer mit Kochsalz imprägnirten Alkoholflamme ebenso wie das Foucault'sche Experiment über die Absorption des Sonnenlichtes durch den galvanischen Lichtbogen zwischen Kohlenspitzen die hervorragendste Stelle ein.

Hierauf werden sechs theoretische und practische Schlüsse mitge-

theilt, welche Sir WILLIAM THOMSON von STOKES gelernt und später regelmässig in seinen öffentlichen Vorlesungen auf der Universität Glasgow vorgetragen zu haben behauptet.

Ich beschränke mich hier nur darauf, den letzten »theoretischen Schluss« mit den Worten Sir WILLIAM THOMSON's wiederzugeben, welcher ihm nach seiner Aussage schon im Jahre 1852 von STOKES gelehrt worden ist; derselbe besteht in nichts Geringerem als darin:

> »Dass andere Dämpfe als Natrium in den Atmosphären der Sonne und Sterne werden gefunden werden, wenn man nach Substanzen sucht, welche in den Spectren künstlicher Flammen helle Linien geben, die mit den andern dunklen Linien der Sonnen- und Sternspectren übereinstimmen.«[1])

Da diese Behauptung von Sir WILLIAM THOMSON in öffentlicher Versammlung selber ausgesprochen worden und daher auch der geringste Zweifel an der vollkommenen Wahrheit ihres Inhaltes gänzlich ausgeschlossen ist, so wird dieselbe für alle Zeiten eins der merkwürdigsten psychologischen Räthsel in der Geschichte der Wissenschaften bleiben.

Denn dass ein Physiker wie STOKES, welcher, wenn auch nur auf inductivem Wege, zu der obigen Vermuthung geführt wird, eine solche Trägheit und einen solchen Indifferentismus besitzen sollte, um nicht irgend eine künstlich gefärbte Flamme vor den Spalt seines Spectroskops zu setzen und sich so von der Coincidenz auch anderer heller Linien mit dunklen des Sonnenspectrums zu überzeugen, — dass, sage ich, ein Physiker, der zu einer inductiven Verallgemeinerung von der Tragweite des obigen Satzes gelangte, nicht innerhalb eines Zeitraumes von sieben Jahren wenigstens einmal das Verlangen tragen sollte, die Richtigkeit seiner Vermuthung durch den Versuch zu prüfen — diese Thatsache spricht allen psychologischen Erklärungsversuchen Hohn und wird für alle Zeiten ein unlösbares Räthsel bleiben.

---

1) Bei der Wichtigkeit der obigen Behauptung Sir WILLIAM THOMSON's erlaube ich mir dieselbe hier im Originaltexte wiederzugeben:

»That other vapours than sodium are to be found in the atmospheres of sun and stars by searching for substances producing in the spectra of artificial flames bright lines coinciding with other dark lines of the solar and stellar spectra than the Fraunhofer line D.«

Sir William Thomson spricht nach Vollendung jenes bemerkenswerthen Satzes sein Bedauern darüber aus, dass diese grosse Verallgemeinerung von Stokes der Welt nicht zwanzig Jahre früher mitgetheilt worden sei.[1]) Um aber bei dem Leser oder Hörer jeden Zweifel über die Uneigennützigkeit der Motive dieses schmerzlichen Bedauerns zu beseitigen, da der eine oder andere vielleicht doch auf den Gedanken kommen könnte, es sei dem Redner nur darum zu thun, die Entdeckung der Spectralanalyse einem seiner Landsleute und Collegen zu vindiciren, bemerkt Sir William Thomson ausdrücklich Folgendes:

»Ich sage dies nicht, weil es zu bedauern ist, dass Angström das Verdienst hat, im Jahre 1853 unabhängig den Satz aufgestellt zu haben, dass ein glühendes Gas helle Strahlen von derselben Brechbarkeit aussendet, wie die, welche es absorbiren kann; oder weil Balfour Stewart dadurch nicht gefördert wurde, als er auf denselben Gegenstand von einem andern Gesichtspuncte aus kommend, die noch weitere Verallgemeinerung machte, dass das Ausstrahlungsvermögen einer jeden Art von Materie gleich ist ihrem Absorptionsvermögen für jede Art von Strahlen;[2]) oder weil Kirchhoff gleichfalls unabhängig im Jahre 1859 denselben Satz entdeckt und seine Anwendung auf die Chemie der Sonne und Sterne nachgewiesen hat; sondern weil wir nun im Besitze der unfassbar reichen astronomischen Resultate wären, die wir von den Untersuchungen der nächsten zehn Jahre mittels der Spectralanalyse erwarten, hätte Stokes der Welt seine Theorie übergeben, als er sie zuerst gefunden.«

Zunächst habe ich hier zu bemerken, dass der Herrn Balfour Stewart vindicirte Satz in der obigen Fassung mit dem von Kirchhoff ausgesprochenen Satze nicht übereinstimmt. Kirchhoff's Satz lautet vielmehr:

---

1) »It is much to be regretted that this great generalisation was not published to the world twenty years ago. I say this, not because it is to be regretted that ..... but because we might now be in possession of the inconceivable riches of astronomical results which we expect from the next ten year's investigation by spectrum analysis, *had Stokes given his theory to the world when it first occured to him.*«

2) »that the radiating power of every kind of substance is equal to its absorbing power for every kind of ray.«

»Das *Verhältniss* zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen ist für alle Körper bei derselben Temperatur dasselbe.« Pogg. Ann. CIX. 276.

Jedenfalls muss also Herr BALFOUR STEWART unter »*radiating power*« und »*absorbing power*« etwas anderes verstehen, als man gewöhnlich unter Emissionsvermögen und Absorptionsvermögen versteht. Denn das Emissionsvermögen eines Körpers ist eine benannte Zahl, welche in einer bestimmten zu Grunde gelegten Einheit die Intensität einer ausgesandten Strahlenmenge ausdrückt. Das Absorptionsvermögen eines Körpers ist dagegen eine unbenannte Zahl, d. h. das Verhältniss zweier durch eine beliebige Einheit ausgedrückter Intensitäten, nämlich der durch den absorbirenden Körper hindurch gegangenen zur auffallenden Strahlenmenge.

Ich zweifle daher auch nicht, dass Herr BALFOUR STEWART andere Begriffe mit den oben genannten Worten verknüpft als Herr KIRCHHOFF, ohne dass ich augenblicklich im Stande wäre, mich durch Einsicht der Originalarbeit zu überzeugen, worin dieser Unterschied besteht.

Indessen erlaube ich mir hier einige Worte KIRCHHOFF's aus der unten citirten Abhandlung »zur Geschichte der Spectralanalyse«[1])

---

1) Bezüglich der historischen Entwickelung der Spectralanalyse verweise ich den Leser auf eine hierauf bezügliche Abhandlung KIRCHHOFF's in POGGENDORFF's Annalen Bd. CXVIII. (1863) p. 94—111.

Dieselbe enthält alle die oben von THOMSON angedeuteten Arbeiten oder Bemerkungen in gewissenhafter und meistens wörtlicher Anführung. KIRCHHOFF gedenkt hierbei in sehr bescheidener Weise seines eigenen Verdienstes und indem er zum Schlusse auf einen von W. THOMSON im Philos. Magazine Februar 1862 publicirten Brief Bezug nimmt, in welchem ganz wie oben der Vermuthungen STOKES' gedacht wird, fährt er fort: »Aus jenem Briefe — der auf meine Veranlassung Phil. Mag. Ser. 4. Vol. XX. p. 20 und in einer Uebersetzung Ann. d. ch. et de ph. Ser. 3, Vol. 62. p. 190 abgedruckt ist — sieht man, dass vor vielen Jahren schon STOKES gesprächsweise die Idee geäussert hat, dass man vielleicht aus den dunklen Linien des Sonnenspectrums würde auf die chemische Beschaffenheit der Sonnenathmosphäre schliessen können. Dass diese Idee richtig ist — dass nämlich eine Flamme, die ihr hypothetisch von STOKES zugeschriebene Absorption ausübt, und dass die hellen Linien des Spectrums eines glühenden Gases mit Sicherheit auf die chemischen Bestandtheile desselben zu schliessen erlauben — ist erst durch meine theoretischen Betrachtungen und durch die Versuche, die ich theils mit BUNSEN, theils allein angestellt habe, erwiesen: und eben deshalb wahrscheinlich ist früher (während

(1863) anzuführen, in welchen er den von STEWART für seinen Satz gegebenen Beweis bespricht. Dieselben lauten folgendermassen (l. c. p. 105):

»STEWART selbst betrachtet auch nicht seinen Satz als hierdurch strenge bewiesen; denn unmittelbar nach dem Ausspruche desselben sagt er: »*A more rigid demonstration may given thus:*« und geht dann in tiefere Betrachtungen ein, die einen solchen strengeren Beweis liefern sollen, und aus denen man auch näher erkennt, welche Bedeutung den Ausdrücken *absorption* und *radiation* beizulegen ist. Aber diese Betrachtungen haben nicht die nöthige Allgemeinheit und die nöthige Schärfe, um ihren Zweck zu erreichen, so dass trotz derselben der Satz von STEWART eine Hypothese ist, der einige Wahrscheinlichkeit gegeben ist.«

Herr STEWART leitet dann aus seiner Theorie der inneren Strahlung zwei Gesetze ab. Bezüglich des zweiten derselben bemerkt KIRCHHOFF (l. c. p. 107) Folgendes:

»Dieses zweite Gesetz (welches die oben bezeichnete Gleichung

---

eines Zeitraums von etwa zehn Jahren) von Niemandem etwas über jene, gesprächsweise von STOKES geäusserte Idee durch den Druck veröffentlicht worden. Es steht in einem auffallenden Widerspruche hiermit, wenn jetzt Prof. THOMSON sagt:

»»Durch STOKES' Principien der Chemie der Sonne und der Fixsterne ist gezeigt, dass sicher sich Natrium in der Sonnenatmosphäre befindet«« und dann weiter: »»Die Anwendung dieser Principien von BUNSEN und KIRCHHOFF (die unabhängig von STOKES' Theorie gefunden haben) hat mit gleicher Sicherheit die Anwesenheit von andern Metallen in der Sonne nachgewiesen.««

Armer KIRCHHOFF! Was wollen heute in England »auffallende Widersprüche« bedeuten; Kleinigkeiten! —

Acht Jahre sind seit diesen Worten verstrichen und heute sucht der also milde angeredete Mann Dich vor aller Welt noch viel tiefer zu erniedrigen!

Die Einsicht des erwähnten Aufsatzes von KIRCHHOFF ist übrigens besonders deshalb interessant, weil er die oben von Sir WILLIAM THOMSON ausdrücklich hervorgehobenen, so uneigennützigen Motive für den betreffenden Satz (»Ich sage dies nicht, weil ..... sondern weil wir nun im Besitze der unfassbar reichen astronomischen Resultate wären, . . . hätte STOKES der Welt seine Theorie übergeben, als er sie zuerst gefunden!«) in das gehörige Licht stellt.

Wie sehr man uns in England um die Entdeckung der Spectralanalyse beneidet, mögen noch folgende Worte beweisen:

Auf eine Mittheilung von Prof. MILLER Bezug nehmend, bemerkt Herr CROOKES in den Chemical News vom 18. Mai 1862 Folgendes:

ausspricht, die, wie erwähnt, eine mögliche Eigenschaft der inneren Strahlung in einem Körper angiebt) ist nicht richtig; die in ihm bezeichnete Grösse ist nicht dem Brechungsverhältniss, sondern dem Quadrat desselben proportional.«

Der Leser wird nun aber auch mit Ungeduld aus dem Munde Sir WILLIAM THOMSON's zu erfahren wünschen, welches Verdienst denn nun eigentlich KIRCHHOFF und BUNSEN um die Entdeckung der Spectralanalyse gebührt, deren Namen so allgemein und ausschliesslich mit dieser grossen Errungenschaft unseres Jahrhunderts vom Munde des Volkes in Verbindung gesetzt werden.

BUNSEN mit Schweigen übergehend beantwortet uns Sir WILLIAM THOMSON diese Frage kurz folgendermassen:

> »KIRCHHOFF gehört, wie ich glaube, allein das grosse Verdienst, zuerst andere Metalle als das Natrium im Spectrum der Sonne mittelst der Spectralanalyse wirklich gesucht und gefunden zu haben.«[1])

Man sieht also mit Berücksichtigung des Obigen, dass der einzige Vorzug, welchen KIRCHHOFF vor STOKES nach der Meinung Sir WILLIAM THOMSON's voraus hat, eigentlich nur in seinem Temperament und Character zu suchen ist. Wäre Herr STOKES nicht durch ein unüberwindliches Phlegma von der Anstellung eines in wenigen Minuten ausgeführten Versuches zur Prüfung seiner »*great generalisation*« abgehalten worden, so wäre er ja der Entdecker der Spectralanalyse!

KIRCHHOFF, der erst sieben Jahre später auf den von Herrn STOKES bereits wieder vergessenen Gedanken kommt, besitzt nicht jenes englische Phlegma. Er spricht mit BUNSEN über die Anstellung

---

»This paragraph shows that Prof. Miller has anticipated by nearly sixteen years, the remarkable discovery, ascribed to Kirchhoff, of the opacity of certain coloured flames to light of their own colour.«

Zu diesen Worten bemerkt KIRCHHOFF (l. c. p. 108):

»Man braucht nur mit einiger Aufmerksamkeit die Worte des Herrn Miller zu lesen, um zu erkennen, dass der Schluss, zu dem er kommt, gerade das Gegentheil von meinem Schlusse ist, dabei aber auch einzusehen, dass sein Schluss ein unrichtiger ist.«

1) »To KIRCHHOFF belongs, I believe, solely the great credit of having first actually saught for and found other metals than sodium in the sun by the method of spectrum analysis.«

eines passenden Experiments und siehe da, — die Spectralanalyse ist entdeckt.

Also nicht etwa die theoretische Begründung der Spectralanalyse aus allgemeinen mechanischen Principien und den allgemeinsten Gesetzen der Strahlung ist das Verdienst KIRCHHOFF's dem englischen Physiker gegenüber — keineswegs! Nur die leidige Temperamentsverschiedenheit zwischen Engländern und Deutschen. KIRCHHOFF sucht und findet — STOKES sucht nicht und findet nicht, trotzdem er volle sieben Jahre vor KIRCHHOFF im Besitze der »grossen Verallgemeinerung« ist — das ist der ganze Unterschied.

Für deutsche Leser bedarf eine derartige Auffassung keiner weiteren Interpretation. Da aber meine Schrift vermuthlich auch in England gelesen wird, so seien mir hier die folgenden Worte über den wirklichen und ungeheuren Unterschied gestattet, welcher zwischen KIRCHHOFF und allen seinen Mitbewerbern besteht, ein Unterschied, welcher den mit der Entdeckung der Spectralanalyse verbundenen Ruhm unwiderruflich und für alle Zeiten an die Namen unserer Landsleute KIRCHHOFF und BUNSEN zu fesseln vollkommen ausreichend ist.

Es giebt bekanntlich in der Wissenschaft inductive und deductive Beweise für die Existenz eines bestimmten Causalverhältnisses von Erscheinungen. Der inductive Beweis besteht darin, dass die in einer gewissen Anzahl von Fällen beobachtete Beziehung auch auf andere noch nicht beobachtete Fälle ausgedehnt wird. Je grösser die Anzahl von Fällen ist, in denen die Existenz des fraglichen Causalverhältnisses durch Beobachtungen nachgewiesen ist, desto grösser wird nach mathematischen Gesetzen die Wahrscheinlichkeit für die Existenz dieses Zusammenhanges auch bei ferneren, noch nicht beobachteten Fällen.

Ist ein Ereigniss, welches auf die Existenz eines bestimmten Causalverhältnisses zu schliessen berechtigt (z. B. die Coincidenz einer dunklen Linie des Sonnenspectrums mit der hellen Linie eines bekannten Stoffes), n mal eingetreten, so wird die Wahrscheinlichkeit, dass auch die nächste Beobachtung zu Gunsten jener Beziehung sprechen wird:

$$\frac{n+1}{n+2}.$$

Auf diese Weise kann man z. B. die Frage beantworten, mit welcher Wahrscheinlichkeit man am nächsten Morgen die Wiederkehr des Tageslichtes erwarten darf, nachdem dasselbe zufolge sicherer historischer Nachrichten während 5000 Jahren regelmässig eingetreten ist. HAGEN, der sich dieses Beispiels in seiner Wahrscheinlichkeitsrechnung bedient, bemerkt hierbei: »Diese Wahrscheinlichkeit wird aber zur vollen Gewissheit, wenn man den Zusammenhang der Erscheinung mit den Gesetzen der Mechanik in's Auge fasst, wobei man sich leicht überzeugt, dass nichts die Drehung der Erde plötzlich hemmen kann.«[1])

Man sieht hieraus, dass ein inductiver Beweis nichts weiter als die Wahrscheinlichkeit der Existenz eines Causalverhältnisses zu liefern im Stande ist, und dass aus einem inductiv bewiesenen Satze nur solche Erscheinungen mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit gefolgert werden können, welche vollkommen gleichartig mit denjenigen sind, aus denen jener Satz durch Verallgemeinerung abgeleitet wurde.

Dagegen enthält der deductive Beweis eines Satzes nicht nur den Nachweis von der Existenz überhaupt, sondern auch zugleich den vom Grunde der Existenz jener causalen Beziehung. Er gestattet deshalb auch noch die Deduction neuer Erscheinungen, deren Qualität für unsere Sinne vollkommen verschieden von der Qualität derjenigen sein kann, welche den Verstand zuerst zum Nachdenken über jenes Causalverhältniss veranlassten.

Wenn nun aus dieser Darstellung für jeden Denkenden der ungeheure Unterschied hervorgeht, welcher zwischen einem inductiven und deductiven Beweise eines bestimmten Causalverhältnisses in der Natur besteht, so behaupte ich, dass das unsterbliche und über jeden Vergleich mit seinen Vorgängern erhabene Verdienst KIRCHHOFF's um die Spectralanalyse darin begründet ist, dass er für die Coincidenz von hellen und dunklen Linien zuerst den deductiven Beweis geliefert hat, indem er nichts anderes als die allgemeinsten mechanischen Principien der Undulationstheorie zum Ausgangspuncte seiner Deductionen wählt.

---

1) G. HAGEN. Grundzüge der Wahrscheinlichkeits-Rechnung. 2. Aufl. Berlin 1867. p. 14.

Dass KIRCHHOFF's Satz »über das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht«[1]) wirklich ein deductiv und nicht inductiv bewiesener Satz ist, kann auch für diejenigen direct durch Thatsachen erhärtet werden, welche nicht im Stande sein sollten, den oben hervorgehobenen logischen Unterschied des wissenschaftlichen Werthes beider Arten von Beweisen zu verstehen. — Es wurde erwähnt, dass der Unterschied eines deductiv bewiesenen Satzes auch dadurch deutlich einem inductiv bewiesenen gegenüber characterisirt sei, dass man aus ersterem noch andere, neue Erscheinungen ableiten kann, die für unsere Sinne ganz verschieden von denjenigen sind, zu deren Begründung jener Satz ursprünglich ermittelt wurde.

KIRCHHOFF leitet nun in der That solche neue, bisher gänzlich unbekannte und zugleich höchst überraschende Erscheinungen aus seinem Satze ab. Nachdem er zuerst mit wenigen Worten darauf hindeutet, dass aus dem bewiesenen Satze die bekannte Thatsache folgt, dass ein glühender, undurchsichtiger Körper, der eine glatte Oberfläche hat, in Richtungen, die schief zu dieser Oberfläche sind, Licht aussenden muss, das theilweise polarisirt ist und zwar senkrecht zu der Ebene, die durch den Strahl und die Normale der Oberfläche geht, folgert er die bisher gänzlich unbekannte Erscheinung, dass ein durchsichtiger, das Licht polarisirender Körper beim Glühen ebenfalls theilweise polarisirtes Licht aussenden muss, dessen Eigenschaften in gesetzmässiger Beziehung zu den Eigenschaften des beim Durchgange polarisirten Lichts stehen. Diese Consequenz findet KIRCHHOFF beim Glühen eines Turmalinkrystalles wirklich bestätigt und liefert hierdurch für jeden Denkenden auch eine Bestätigung der zu Grunde gelegten Prämisse, nämlich des erwähnten und von ihm deductiv bewiesenen Satzes.

Da dieser Umstand auch für einen intellectuell ganz Ungebildeten den wesentlichen und gewaltigen Unterschied zur Anschauung bringt, welcher zwischen dem Verdienste KIRCHHOFF's um die Spectralanalyse und demjenigen seiner inductiven Vorgänger besteht, so habe

---

1) POGGENDORFF's Annalen Bd. CIX. p. 275—309 (Januar 1860).

ich unten den betreffenden §. 15 der oben citirten Abhandlung wörtlich abdrucken lassen.[1])

Will man das fragliche Verhältniss der Verdienste und des erforderlichen Aufwandes von Scharfsinn durch einen Vergleich illu-

---

1) POGGENDORFF's Annalen Bd. CIX. p. 299.

»Aus dem Satze, der in dem ersten Theile dieser Abhandlung bewiesen ist, folgt, dass ein Körper, der von Strahlen einer Polarisationsrichtung mehr absorbirt, als von denen einer anderen, in demselben Verhältniss Strahlen von der ersten Polarisationsrichtung mehr aussendet, als von denen der zweiten. Es muss hiernach, wie es bekanntlich geschieht, ein glühender undurchsichtiger Körper, der eine glatte Oberfläche hat, in Richtungen, die schief zu dieser Oberfläche sind, Licht aussenden, das theilweise polarisirt ist, und zwar senkrecht zu der Ebene, die durch den Strahl und die Normale der Oberfläche geht; denn von einfallenden Strahlen, die senkrecht zur Einfallsebene polarisirt sind, reflectirt der Körper weniger, absorbirt also mehr, als von Strahlen, deren Polarisationsebene die Einfallsebene ist. Man kann nach jenem Satze den Polarisationszustand der ausgesendeten Strahlen leicht angeben, wenn man das Gesetz der Reflexion auffallender Strahlen kennt.

Eine zur optischen Achse parallel geschliffene Turmalinplatte absorbirt bei gewöhnlicher Temperatur von Strahlen, die sie senkrecht treffen, mehr, wenn die Polarisationsebene dieser der Achse parallel ist, als wenn die Polarisationsebene senkrecht zur Achse steht. Vorausgesetzt, dass die Turmalinplatte diese Eigenschaft bei der Glühhitze behält, muss sie bei dieser in einer zu ihr senkrechten Richtung Strahlen aussenden, die theilweise polarisirt sind, und zwar in der durch die optische Achse gelegten Ebene, in einer Ebene also, die senkrecht zu derjenigen ist, die die Polarisationsebene des Turmalins genannt wird. Ich habe diese auffallende, aus der entwickelten Theorie sich ergebende, Folgerung durch den Versuch geprüft, und sie hat sich bestätigt. Die benutzten Turmalinplatten ertrugen, in die Flamme der BUNSEN'schen Lampe gebracht, lange Zeit eine mässige Glühhitze, ohne eine bleibende Veränderung zu erleiden; nur an den Ecken zeigten sie sich nach dem Erkalten getrübt. Die Eigenschaft, hindurchgehendes Licht zu polarisiren, kam ihnen auch in der Glühhitze zu, wenngleich in erheblich geringerem Grade, als bei niederer Temperatur. Es zeigte sich dieses, indem man durch ein doppeltbrechendes Prisma durch die Turmalinplatte hindurch nach einem Platindrahte sah, der in derselben Flamme glühte. Die beiden Bilder des Platindrahtes hatten eine ungleiche Helligkeit, doch war ihr Unterschied viel geringer, als wenn die Turmalinplatte ausserhalb der Flamme sich befand. Es wurde dem doppeltbrechenden Prisma die Stellung gegeben, bei der der Unterschied der Lichtstärke der beiden Bilder des Platindrahtes ein Maximum war; gesetzt es wäre das hellere Bild das obere gewesen; es wurden dann, nach Entfernung des Platindrahtes, die beiden Bilder der Turmalinplatte mit einander verglichen. Es war das obere Bild, nicht auffallend, aber unzweifelhaft, dunkler als das untere; die beiden Bilder erschienen gerade, wie zwei gleiche, glühende Körper erschienen wären, von denen der obere eine niedrigere Temperatur als der untere besessen hätte.«

striren, so gebührt KIRCHHOFF bei der Entdeckung der Spectralanalyse gegenüber seinen Mitbewerbern ungefähr derselbe Rang wie LEVERRIER und ADAMS bei der Entdeckung des Neptun gegenüber den früheren oder späteren Beobachtern dieses Planeten.

Sucht man nun auf Grund der angeführten Thatsachen eine psychologische Erklärung für die bisher betrachteten und von Sir WILLIAM THOMSON in seiner Rede ausgesprochenen Ideen und Behauptungen, und schliesst den oben ausdrücklich von Sir WILLIAM THOMSON selber beseitigten Verdacht aus, es stände seine Logik und Liebe zur Wahrheit unter einer vom Nationalgefühle inspirirten Eitelkeit, so wäre man vielleicht berechtigt, die Möglichkeit solcher Anschauungen auf einen fundamentalen und characteristischen Unterschied in der intellectuellen Begabung der Engländer und Deutschen zurückzuführen. Man könnte behaupten, der englische Geist sei vorwiegend inductiv, der deutsche dagegen vorwiegend deductiv angelegt. Ehe ich dazu übergehe, die Fruchtbarkeit dieser Hypothese an weiteren Thatsachen zu prüfen und Folgerungen für die Zukunft der wissenschaftlichen Entwickelung beider Völker daraus abzuleiten, will ich zunächst noch einige fernere Sätze und Behauptungen Sir WILLIAM THOMSON's aus seiner Rede anführen, bei denen uns die Aufsuchung eines allgemeinen psychologischen Erklärungsprincipes ausserordentlich durch das ebenso offene als freimüthige Geständniss seines Freundes und Collegen erleichtert wird. Professor P. G. TAIT spricht in seiner Anrede an die Mitglieder der mathematischen und physikalischen Section der British Association in Edinburg am 3. August 1871 den folgenden Satz aus:

> »Selbst bei den grössten Männern der Wissenschaft in diesem Lande findet man verhältnissmässig wenig Kenntniss von dem, was schon geleistet ist, — ausgenommen natürlich in dem einen oder mehreren, von jedem Individuum cultivirten, Specialgebieten.«[1])

Die folgenden Aussprüche und Betrachtungen Sir WILLIAM

---

1) »Even among our greatest men of science in this country there is comparatively little knowledge of what has been already achieved, except of course in the one or more special departements cultivated by each individual.« P. G. TAIT, Adress to the mathematical and physical Section of the British Association. Edinburgh, August 3rd. 1871. p. 5.

THOMSON's in seiner Rede werden dazu beitragen, die Richtigkeit dieses Satzes über jeden Zweifel zu erheben.

Nachdem die Verdienste KIRCHHOFF's um die Spectralanalyse in der obigen Weise besprochen sind, geht der Redner dazu über, auf Grund der mechanischen Theorie der Gase die Veränderungen ihrer Spectra zu erklären, welche durch Druck- und Temperaturveränderungen erzeugt werden. Er entwickelt seine Theorie mit folgenden Worten, denen ich diejenigen gegenüberstelle, welche Professor LIPPICH fast zwei Jahre früher ausgesprochen und in POGGENDORFF's Annalen Bd. 139 p. 465 ff. (1870) veröffentlicht hat.

Sir WILLIAM THOMSON
1871 Aug. 3.

»Die dynamische Theorie von STOKES giebt den Schlüssel zum Verständniss von FRANKLAND's und LOCKYER's Entdeckungen. Jedes Gasatom, das angestossen und sich selbst überlassen wird, schwingt nämlich mit vollkommener Reinheit seiner Grund-Note oder Noten. In einem stark verdünnten Gase kommt jedes einzelne Atom selten mit andern Atomen in Collision und befindet sich deshalb zu jeder Zeit in einem Zustande reiner Schwingung. Deshalb besteht das Spectrum eines stark verdünnten Gases aus einer oder mehreren vollkommen scharfen hellen Linien, mit einer kaum merklichen, allmäligen Steigerung ihrer prismatischen Farbe. Im dichteren Gase kommt jedes Atom oft in Collision, aber noch ist es eine Zeit lang in den Intervallen zwischen den Collisionen frei, und dann ist es wieder in Collision: so dass nicht nur das Atom selbst während eines

Professor LIPPICH
1870. Januar.

»Die dynamische Theorie der Gase und Dämpfe bedarf der Annahme, dass den Molecülen nicht nur fortschreitende, sondern auch schwingende Bewegungen zukommen.« . . . .

»Wenn nun einerseits an dieser Vorstellung festgehalten werden soll, so muss es andrerseits Aufgabe sein, aus ihr die merkwürdigen Veränderungen der Spectra zu erklären, die durch die bekannten Versuche von PLÜCKER und HITTORF (Phil. Mag. 4 XXVIII) und die sich hieran schliessenden von WÜLLNER (Pogg. Ann. Bd. CXXXV und CXXXVIII) bekannt geworden sind. Sie beziehen sich sowohl auf Veränderungen im Linienspectrum durch Verbreiterung, Verwaschenwerden der Streifen und Hinzukommen neuer Streifen, als auch auf das Auftreten continuirlicher Partien und scheinen von der Temperatur des Gases abzuhängen.«

»Für einige dieser Veränderungen

merklichen Theiles seiner Periode sichtlich aus seiner Stimmung herausgebracht wird, sondern das confuse Durcheinander der Schwingungen bei jedem Periodenwechsel während des Zusammenstosses wird in seiner Einwirkung beträchtlicher. Daher werden die hellen Linien im Spectrum breiter, und das continuirliche Spectrum wird weniger blass. In noch dichterem Gase mag jedes Atom ebenso lange in Collision, wie frei sein, und das Spectrum besteht dann aus breiten nebelartigen Streifen, die ein continuirliches Spectrum von beträchtlicher Helligkeit durchziehen. Wenn das Medium endlich so dicht wird, dass jedes Atom stets in Collision, das heisst niemals frei vom Einflusse seiner Nachbarn ist, wird sein Spectrum im Allgemeinen continuirlich sein, und es wird wenig oder keine Streifen oder Helligkeitsmaxima zeigen. In dieser Verfassung kann die Flüssigkeit nicht mehr als Gas betrachtet werden, und wir müssen seine Beziehung zu dem dampfartigen oder flüssigen Zustande beurtheilen nach den von ANDREWS entdeckten kritischen Zuständen.« glaube ich aber, kann die dynamische Theorie der Gase in ihrer jetzigen Form ganz ungezwungen zu einer Erklärung benutzt werden, namentlich für die Verbreiterung der Spectrallinien, und es dürfte sowohl für die Gastheorie als auch für die Spectralanalyse nicht ohne Werth sein, die Consequenzen dieser Erklärungsweise etwas näher zu betrachten. Ich glaube daher in der nun folgenden Betrachtung die Voraussetzung festhalten zu müssen: dass mit Rücksicht auf die Nothwendigkeit ein Molecül eines Gases als ein schwingungsfähiges System aufzufassen, das Spectrum eines ideellen Gases, in welchem die Molecüle vollkommen freie elastische Systeme sein werden, nur bestehen könnte aus einer Anzahl verschiedenfarbiger Streifen absolut homogenen Lichtes, sobald nur auf die Schwingungsbewegungen der Molecüle allein Rücksicht genommen wird.«

Nach diesen einleitenden Bemerkungen entwickelt Prof. LIPPICH auf Grund »der KRÖNIG-CLAUSIUS'schen Theorie« der Gase ausführlich die mathematischen Consequenzen seiner Anschauungen.

Am 31. October 1870 legte ich selbst der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig eine Abhandlung über den gleichen Gegenstand vor.[1]

Da ich im Laufe meiner hierauf gerichteten Untersuchungen zu

---

1) »Ueber den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase.« Berichte der K. S. Ges. d. W. Math.-phys. Cl. 1870. p. 233—253.

dem Resultate gelangt zu sein glaubte, dass bei Ableitung der fraglichen Erscheinungen aus den Principien der mechanischen Theorie der Gase die Molecüle nicht nur unter sich, sondern auch mit den Thatsachen der Beobachtung in Collision gerathen, so bemühte ich mich, von allgemeineren Principien auszugehen, welche unabhängig von jener Hypothese sind, derselben aber nicht widersprechen.

Es gelang mir auf diesem Wege alle die oben erwähnten Modificationen der Spectra bei Druck- und Temperaturänderungen lediglich als eine einfache Folge der Transparenz der glühenden Gase abzuleiten, und auf diesem Wege alle überhaupt nur möglichen Modificationen der Spectra gleichsam als eine photometrische Consequenz des KIRCHHOFF'schen Satzes zu erklären.[1])

Die mathematische Entwickelung dieser Theorie führte mich auf einige neue, bis dahin unbekannte Beziehungen, welche sich durch die Beobachtung prüfen liessen. Dahin gehört die Asymmetrie der Linienverbreiterung und der Zusammenhang der Stärke der Verbreiterung mit der Stärke des Emissions- und Absorptionsvermögens der betreffenden Linien. Beide Consequenzen habe ich an den Natronlinien durch Beobachtungen in Gemeinschaft mit Dr. J. J. MUELLER bestätigt gefunden[2]) und letz-

---

1) A. a. O. Bezug nehmend auf die vorher characterisirten Zustände der Gase, hinsichtlich ihres discontinuirlichen und continuirlichen Spectrums, fahre ich mit folgenden Worten fort:

»Beiden Zuständen gemeinsam ist jedoch die Transparenz des glühenden Körpers und eine genauere Berücksichtigung dieser Eigenschaft in Verbindung mit Eigenschaften der von KIRCHHOFF in seiner Abhandlung: »»Ueber das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht«« mit J bezeichneten Function ist, wie ich glaube, ausreichend, um folgende Erscheinungen zu erklären:

1. Die Verbreiterung der Linien discontinuirlicher Gasspectra durch Steigerung des Druckes.
2. Die Verwandlung eines discontinuirlichen Spectrums in ein continuirliches durch Steigerung des Druckes.
3. Die Continuität der Spectra glühender Körper im festen oder flüssigen Aggregatzustande.
4. Die Abhängigkeit des Intensitätsverhältnisses zweier Spectrallinien vom Druck.
5. Die Abhängigkeit der Spectra verschiedener Ordnung von der Temperatur.«

2) A. a. O. p. 252 ff.

terer hat seitdem dieselbe Thatsache an einer grösseren Anzahl anderer Linien verificirt.

Dass Sir WILLIAM THOMSON diese Untersuchungen, trotz ihrer sehr bald darauf erfolgten englischen Uebersetzung im *Philosophical Magazine* gänzlich ignorirt, folgt ebenso einfach als nothwendig aus dem oben von Prof. TAIT auf inductivem Wege gefundenen Satze:

»*Even among our greatest men of science in this country there is comparatively little knowledge of what has been already achieved, . . .*«

Sir WILLIAM THOMSON begiebt sich alsdann vom Gebiete der Physik auf das der Astronomie und berührt hierbei Gegenstände, die für den Leser dieser Schrift ohne Zweifel von grösstem Interesse sein werden. Er bemerkt Folgendes:

»Sehr wichtige Fortschrite sind jüngst in der Entdeckung der Natur der Cometen gemacht; sie stellen mit nicht wenig Sicherheit die Wahrheit der Hypothese fest, die mir längst wahrscheinlich erschienen: dass nämlich die Cometen aus Gruppen von Meteorsteinen bestehen — sie geben genügend Rechenschaft von dem Lichte der Kerne und eine einfache und rationelle Erklärung der Erscheinungen, welche die Schweife der Cometen darbieten, die von den grössten Astronomen für etwas übernatürlich (*sic*) Merkwürdiges gehalten wurden. Die Meteor-Hypothese, von der ich spreche, blieb nur Hypothese, (ich weiss nicht ob sie jemals veröffentlicht wurde) bis im Jahre 1866 SCHIAPARELLI aus Beobachtungen der Auguststernschnuppen eine Bahn für diese Körper berechnete, die er ziemlich vollkommen übereinstimmend fand mit der Bahn des grossen Cometen von 1862, die von OPPOLZER berechnet war; und so entdeckte und bewies er, dass ein Comet aus einer Gruppe von Meteorsteinen besteht.«

Man sieht aus diesen Worten, wie leicht Sir WILLIAM THOMSON etwas für bewiesen ansieht, und wie sehr auch ihm die Worte Sir JOHN HERSCHEL's über das »übernatürlich Merkwürdige« der Cometen im Kopfe liegen.[1]) Dass aber KEPLER, der doch ver-

1) Hätte Sir JOHN HERSCHEL ahnen können, welches Unheil seine mystischen Vergleiche über Cometen in den Köpfen seiner Landsleute anrichten würden, er hatte sich wahrlich gehütet, dieselben jemals zu gebrauchen. In der gegenwärtigen Entwickelungsphase der Wissenschaft in England bedient sich der-

muthlich auch in England zu den grössten Astronomen gezählt wird, die Cometen mit den sehr natürlichen Fischen im Meere, ihre Schweife mit natürlichen Nebeln und Wolken vergleicht, ist Sir WILLIAM THOMSON gänzlich unbekannt.

Die Meteor-Hypothese der Cometen weiter besprechend, fährt Sir WILLIAM THOMSON in seiner Rede folgendermassen fort:

»Der dichteste Theil des Zuges erscheint, wenn er uns nahe genug ist, als der Kopf des Cometen. Dieses überraschende Resultat bestätigt im Verein mit HUGGINS' spectroskopischen Untersuchungen über das Licht der Köpfe und Schweife der Cometen, die Theorie der Cometen von TAIT, nach welcher der Comet eine Gruppe von Meteorsteinen ist, der in Folge der Stösse der einzelnen Theile gegen einander, selbstleuchtend in seinem Kerne ist, während der Schweif nur eine Portion des weniger dichten Theiles ist, die vom Sonnenlicht erleuchtet, für uns sichtbar oder unsichtbar ist, je nach den Umständen, nicht nur der Dichtigkeit, des Beleuchtungsgrades und der Nähe, sondern auch der tactischen Anordnung, wie ein Flug von Vögeln oder der Rand einer Rauchwolke von Tabaksdampf!« [1])

Der Leser wird sich nach Ansicht der Arbeiten von OLBERS und BESSEL überzeugen, dass es für Sir WILLIAM THOMSON und Professor TAIT als Physiker unmöglich gewesen wäre auf Anschauungen wie die obigen zu kommen, wenn ihnen jene Arbeiten auch nur oberflächlich bekannt gewesen wären.

selben jeder Gelehrte, wenn er es für nothwendig hält, dem eigenen Scharfsinne bei Erklärung der Cometenphänomene, noch ein besonderes Relief zu verleihen.

Auch Sir WILLIAM THOMSON kann dieser Versuchung nicht widerstehen, denn nachdem er den Schleier jenes Geheimnisses mit Hülfe der Meteor-Hypothese vollkommen gelüftet zu haben glaubt, fährt er folgendermassen fort:

»What prodigious difficulties are to be explained, you may judge from two or three sentences which I shall read from HERSCHEL's Astronomy, and from the fait that even SCHIAPARELLI seems still to believe in the repulsion. »»There is beyond question, *some profound secret and mystery of nature* concerned in the phenomenon of their tails.««

Mit fast identischen Wendungen citiren TYNDALL und FAYE jene Worte Sir JOHN HERSCHEL's und drucken sie in ausführlichster Weise bei Begründung ihrer Cometentheorien aus dem populären Werke Sir JOHN HERSCHEL's (»Outlines of Astronomy«) ab. (Vgl. p. 180 und p. 207).

1) . . . but also of tactic arrangement, as of a flock of birds or the edge of a cloud of tabaco smoke!

Man scheint in England eben nichts anderes über Cometen zu kennen als dasjenige, was Sir JOHN HERSCHEL in seinem populären Werke »*Outlines of Astronomy*« mitgetheilt hat.

Wenn der Leser aus den bisher angeführten Thatsachen sich bereits ein selbstständiges Urtheil darüber gebildet haben wird, in wie weit Sir WILLIAM THOMSON berechtigt und befähigt ist, der deutschen Wissenschaft eine Perle streitig zu machen, und ihr an Stelle der ächten eine unächte aus englischem Fabrikate zuzuweisen, so wird das Folgende nur dazu beitragen können, das gewonnene Urtheil zu bestärken und zu befestigen.

Sir WILLIAM THOMSON und Professor P. G. TAIT haben sich vereinigt, um »*viribus unitis*« ein »Handbuch der theoretischen Physik« zu schreiben, von dem vor wenigen Monaten als erster Theil des ersten Bandes eine »autorisirte deutsche Uebersetzung von Dr. H. HELMHOLTZ und G. WERTHEIM« (Braunschweig 1871) erschienen ist.

Herr HELMHOLTZ hat diese Uebersetzung mit einer Vorrede versehen, aus welcher ich mir erlaube, hier nur einige von denjenigen Stellen mitzutheilen, welche dazu bestimmt sind, den deutschen Leser über die Bedeutung und den wissenschaftlichen Werth jenes Werkes zu orientiren.

HELMHOLTZ sagt Folgendes:

»Im vorliegenden Bande wird dem deutschen naturwissenschaftlichen und mathematischen Publicum der Anfang eines Werkes von hoher wissenschaftlicher Bedeutung übergeben, welches eine in der Literatur sehr fühlbare Lücke in ausgezeichnetster Weise ausfüllen wird.« . . .

»Wenigstens der eine der Verfasser des vorliegenden Buches, Sir WILLIAM THOMSON, ist längst auch in Deutschland bekannt als einer der durchdringendsten und erfindungsreichsten Denker, welche sich unserer Wissenschaft je zugewendet haben. Wenn ein solcher es unternimmt, uns gleichsam in die Werkstatt seiner Gedanken einzuführen und die Anschauungsweisen zu enthüllen, die leitenden Fäden auseinander zu wickeln, die ihm in seinen kühnen Gedankencombinationen geholfen haben, den widerstrebenden und verwirrten Stoff zu beherrschen und zu ordnen, so sind wir ihm alle dafür den höchsten Dank schuldig. Er hat dabei in Herrn P. G. TAIT, Professor der Physik in Edinburg, für dieses

Werk, welches sonst die Kräfte eines einzelnen vielbeschäftigten Mannes übersteigen würde, einen höchst geeigneten und talentvollen Helfer gefunden. Nur durch eine solche glückliche Vereinigung war die Aufgabe vielleicht überhaupt zu lösen.«

Ueber seine eigene Thätigkeit bei der Uebersetzung spricht sich Herr HELMHOLTZ folgendermassen aus:

»Der Unterzeichnete glaubte bei der Einführung eines so wichtigen Werkes in die deutsche wissenschaftliche Literatur seine Hülfe trotz starker Ueberladung mit Arbeiten nicht versagen zu dürfen, so weit sie von den übrigen Betheiligten, den ihm nahe befreundeten Verfassern, dem Herrn Verleger und dem Uebersetzer in Anspruch genommen wurde. Ich habe deshalb eine Correctur gelesen und namentlich in den schwierigeren Fällen der Accommodation zum Theil neuer deutscher Ausdrücke an die englischen zu helfen gesucht, so gut ich konnte.«

Die Vorrede ist datirt von Berlin, im Mai 1871.

Ohne mir hier entfernt ein Urtheil über das Anregende und den mathematisch-physikalischen Werth des gedachten Werkes zu erlauben, kann ich es jedoch nicht unterlassen, hier ein Wort über den logisch-speculativen Werth desselben mitzureden.

Hätten die Herren Verfasser sich nur mit den Gesetzen nicht aber auch mit den Principien der Dynamik beschäftigt, so würde Niemand es gewagt haben, sie beim Differentiiren und Integriren ihrer Gleichungen zu stören; die Kritik hätte vielleicht höchstens hier und da einen kleinen Rechenfehler verbessern können, aber im Allgemeinen hätten sich Sir WILLIAM THOMSON und Professor TAIT auf einem Gebiete bewegt, welches sie vollkommen und in umfassendster Weise beherrschen. Allein die Speculation ist in der gegenwärtigen Entwickelungsphase der Naturwissenschaft ein so tief empfundenes Bedürfniss, dass selbst ein heut fast nur noch inductiv thätiges Volk, wie die Engländer, der Versuchung nicht widerstehen kann, sogar über mathematisch-physikalische Hypothesen zu speculiren.

Mit welchem Aufwande von Scharfsinn und welchem Erfolge mag der Leser aus folgenden Proben ersehen.

Unter der Ueberschrift »Hypothesen« entwickeln Sir WILLIAM THOMSON und Professor P. G. TAIT in den §§. 381—384 (p. 349—

351) ihre Anschauungen über den Werth und die Bedeutung von Hypothesen in der mathematischen Physik. Der einleitende §. 381 besteht aus folgendem Satze:

»Es ist vielleicht rathsam, hier einige wenige Worte über den Gebrauch der Hypothesen zu sagen, namentlich jener an Werth so verschiedenen Hypothesen, welche in der Form mathematischer Theorien verschiedener Zweige der Physik gelehrt werden.«

Die Hypothesen und Theorien werden nun in vier Classen getheilt, nämlich

1. solche, die »absolut wahr« sind, »wo die betreffenden Kräfte vollständig bekannt sind, wie im Falle der Planeten-Bewegungen und Störungen« und nichts weiter erforderlich ist, als die Theorie »mittels der Analysis bis in ihre letzten Einzelheiten zu entwickeln.«
2. solche, »die bis zu einem gewissen Grade auf Experimente basirt, von Nutzen« sind und »sogar in gewissen Fällen auf neue und wichtige Resultate hingewiesen haben, die nachträglich experimentell bestätigt worden sind. Hierher gehören die dynamische Wärmetheorie, die Undulationstheorie des Lichtes u. s. w.«
3. solche »Hypothesen«, für welche »die mathematischen Theorien der Wärme (Leitung), der (ruhenden) Electricität und des (permanenten) Magnetismus« als »gute Repräsentanten« angeführt werden können.
4. solche, die »in Wirklichkeit doch eher als schädlich, denn als nützlich angesehen werden müssen.«

Im folgenden §. 385, der unmittelbar an die obigen Worte anknüpft, entwickeln alsdann die Verfasser ihre Ansichten über die 4. Classe der schädlichen Theorien wörtlich in folgender Weise:

»Ein guter Repräsentant einer solchen Theorie ist die von Weber, welche eine physikalische Grundlage für Ampère's Theorie der Electrodynamik zu liefern verspricht, die wir soeben als bewundernswerth und in Wahrheit nützlich erwähnt haben. Ampère begnügt sich mit experimentellen Daten über die Wirkung geschlossener Ströme auf einander und leitet daraus mathematisch die Wirkung her, welche ein Element eines Stromes auf ein Ele-

ment eines anderen Stromes ausüben sollte, wenn ein solcher Fall experimentell behandelt werden könnte. Dies kann keinen Irrthum herbeiführen. Aber WEBER geht weiter. Er nimmt an, dass ein electrischer Strom aus der Bewegung von Theilchen zweier Electricitätsarten besteht, die den Leitungsdraht in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen, und dass diese Theilchen, wenn sie in relativer Bewegung sind, auf andere solche Electricitätstheilchen Kräfte ausüben, die von denjenigen verschieden sind, welche sie im Zustande relativer Ruhe ausüben würden. Diese Annahme ist bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft auf keine Weise zu rechtfertigen, da wir uns die Hypothese, es existirten zwei electrische Fluida, unmöglich als richtig denken können, und da die Schlüsse ausserdem im Widerspruch mit der »Erhaltung der Energie« stehen, die wir aus unzähligen experimentellen Gründen als ein allgemeines Naturprincip ansehen. Solche Theorien sind um so gefährlicher, wenn sie zufällig weitere Erscheinungen erklären, wie WEBER's Theorie die inducirten Ströme erklärt. Ein anderes Beispiel dieser Art ist die Emissionstheorie des Lichtes, welche eine Zeit lang grosses Unheil stiftete und die sich nur hätte rechtfertigen lassen, wenn ein Lichtkörperchen wirklich wahrgenommen und untersucht worden wäre. Da solche Speculationen zwar gefährlich, aber interessant und (wie z. B. WEBER's Theorie) oft sehr elegant sind, so werden wir darauf in den entsprechenden Capiteln zurückkommen.«

Wie man sieht, führen die Verfasser, nach Art der Frauen, zuerst einen subjectiven Grund gegen die Richtigkeit der WEBER'schen Theorie in's Feld: »da wir uns die Hypothese . . . . . . unmöglich als richtig denken können.« Da wir jedoch aus der vorher angeführten Rede Sir WILLIAM THOMSON's ersehen haben, was einem der bedeutendsten englischen Physiker der Gegenwart »bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft« zu denken möglich ist, so wird das Argument der subjectiven Unmöglichkeit der WEBER'schen Theorie noch weniger einer Widerlegung bedürfen.

In Betreff des objectiven Argumentes, nämlich des behaupteten Widerspruches mit dem Principe von der Erhaltung der Energie erlaube ich mir auf die von WEBER gegen HELMHOLTZ auf einen gleichen Einwand veröffentlichte Widerlegung zu ver-

weisen.[1]) Ausserdem aber bemerke ich, dass mein College C. NEUMANN in den Berichten der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig eine am 20. October 1871 gelesene Abhandlung (»Electrodynamische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf das Princip der Energie«) veröffentlicht hat, in welcher in umfassendster Weise alle jene angeblichen Widersprüche des WEBER'schen Gesetzes mit dem Principe der Energie als gänzlich unbegründet nachgewiesen werden. NEUMANN bemerkt in der Einleitung zu jener Abhandlung (p. 391) nach kurzer Hindeutung auf den von ihm eingeschlagenen Weg der Darstellung ausdrücklich Folgendes:

> »Auf solche Weise hoffe ich zugleich das von Englischen Physikern vor längerer Zeit schon geäusserte, und neuerdings wiederholte Vorurtheil, die WEBER-sche Theorie stünde mit dem Princip der Energie in Widerspruch, ein für allemal zu beseitigen.«

Das labile electrische Gleichgewicht, zu welchem HELMHOLTZ durch seine Ableitungen geführt wird, zeigt nur, dass die von KIRCHHOFF entwickelten Differentialgleichungen keine allgemeine Gültigkeit besitzen. Diese Differentialgleichungen beruhen nur theilweise auf dem WEBER'schen Grundgesetze, zum andern Theile auf mancherlei anderen, bisher nicht einmal vollkommen präcis formulirten Voraussetzungen, so dass also das WEBER'sche Grundgesetz durch ein, jene Differentialgleichungen betreffendes Bedenken nicht im Mindesten tangirt werden kann.

Als sehr characteristisch für die Art und Weise, in welcher die englischen Physiker sich einbilden, ein »allgemeines Naturprincip« begründen zu können, sind die Worte »aus unzähligen experimentellen Gründen« besonders beachtenswerth.

Der folgende Satz enthält die Angabe eines besonderen Umstandes, durch welchen die Gefährlichkeit der besprochenen Theorien noch besonders gesteigert wird, nämlich: »wenn sie zufällig (!!) weitere Erscheinungen erklären, wie WEBER's Theorie die inducirten Ströme.«

Darf ich mir erlauben, an Sir WILLIAM THOMSON und Professor

---

1) Vgl. p. 329 ff.

TAIT die Frage zu richten, welchen Begriff sie mit dem Worte »zufällig« verknüpfen? —

Wenn ich an einem Hause vorübergehe und es trifft mich ein vom Dache herabfallender Stein, so kann ich dieses Zusammentreffen, wenn es nur einmal geschieht, als ein zufälliges betrachten. Geschieht es aber öfter, so bin ich nach den einfachsten Gesetzen des Denkens gezwungen, zwischen meinem Vorübergehen an dem Hause und dem herabfallenden Steine ein Causalverhältniss vorauszusetzen. Entweder sitzt Jemand auf dem Dache und wirft nach mir oder die Erschütterung des Erdbodens beim Vorübergehen ist gross genug, um sich dem Dache mitzutheilen und hier einen Stein loszulösen. Das mehr als einmalige Zusammentreffen beider Erscheinungen ist also kein zufälliges mehr. — Bekanntlich sind nun aber die inducirten Ströme die Ursache sehr zahlreicher und mannigfaltiger Erscheinungen. Wenn daher die aus einer Theorie, wie der WEBER'schen, abgeleiteten Consequenzen mit den beobachteten Inductionserscheinungen übereinstimmen und zusammenfallen, diese Uebereinstimmung als eine zufällige zu bezeichnen und nicht vielmehr umgekehrt, aus dieser Uebereinstimmung auf die Abwesenheit eines Zufalls und auf die Richtigkeit sehr wesentlicher Momente der zu Grunde gelegten Hypothese zu schliessen — fürwahr, dazu gehört eine so grosse Unklarheit und eine so hohe Verwirrung in den einfachsten und allgemein gebräuchlichen Verstandesoperationen, dass es mir schwer wird, einen passenden Ausdruck hierfür zu finden.

Mit demselben Rechte könnte man die NEWTON'sche Theorie der Gravitation in die Kategorie der »gefährlichen« Hypothesen rechnen, welche dadurch »grosses Unheil stiftete«, dass unklare Köpfe sie für »absolut wahr« hielten, ohne zu bedenken, dass allen empirischen Resultaten, wegen der Unvollkommenheit unserer Sinne und Instrumente, stets nur eine relative Wahrheit beizumessen ist, welche sich bei Vervollkommnung der Beobachtungsmethoden sofort auch als eine solche enthüllt. Die Entwickelungsgeschichte aller Wissenschaften enthält zahlreiche Beweise hierfür. Wenn zwischen Sonne und Erde wirklich magnetische Beziehungen stattfinden, ja selbst wenn nur der eine dieser beiden Körper magnetisch ist, so muss die Bewegung der Erde in ihrer Bahn, nothwendig hierdurch beeinflusst werden, wie gering und für unsere Beobachtungen

verschwindend auch dieser Einfluss sein mag. Die NEWTON'sche Theorie wäre also dann nicht »absolut wahr«, d. h. nicht allein ausreichend zur absolut genauen Darstellung der Erdbewegung, sondern müsste nothwendig noch ein der WEBER'schen Formel entsprechendes Zusatzglied erhalten.

Es wird in der Geschichte der fortschreitenden Erkenntniss der Natur stets eine eigenthümliche, aber bei Wendepuncten in der Entwickelung der Menschheit schon mehrfach beobachtete Ironie darin gefunden werden, dass gerade zu derselben Zeit, wo sich dem menschlichen Geiste das WEBER'sche Gesetz als ein Universalgesetz der Natur zu entschleiern beginnt[1]), welches ebensowohl die Bewegungen der Gestirne als auch diejenigen der Elemente der Materie beherrscht, dass, sage ich, zu derselben Zeit Männer auftreten müssen, um die Gültigkeit jenes Gesetzes vom Standpuncte allgemeiner Principien zu bekämpfen. Es fällt ihnen jedoch hierbei nur die weniger dankbare Rolle zu, die Aufmerksamkeit des menschlichen Verstandes auf einen Punct hinzulenken, wo sich ihm bei ernsterem Nachdenken ein Räthsel enthüllen und gleichzeitig der Angriff als ein unbegründeter erweisen muss. So arbeiten wir alle an demselben Werke und die Natur fördert durch den Kampf widerstrebender Meinungen in wunderbarer Harmonie die Zwecke des fortschreitenden Erkenntnissprocesses auf Erden!

Doch ehe wir von Sir WILLIAM THOMSON Abschied nehmen, möge es sich der Leser nicht verdriessen lassen, noch einmal mit mir zu jenem berüchtigten §. 385 seines oben erwähnten Werkes zurückzukehren. *Finis coronat opus!* Die Verfasser decretiren, dass auch die Emissionstheorie des Lichtes auf die Proscriptionsliste der in ihrem Syllabus als »gefährlich« und »grosses Unheil stiftenden« Theorien gesetzt werden müsse. Auf die Frage weshalb? antworten Sir WILLIAM THOMSON und Professor TAIT: weil sie »sich nur hätte rechtfertigen lassen, wenn ein Lichtkörperchen wirklich wahrgenommen und untersucht worden wäre.« Weshalb dieser Vorwurf nur die Emanations- und nicht auch *mutatis mutandis* die Undulationstheorie treffen soll, ist mir unverständlich. Allein ganz abgesehen hiervon, welche Vorstel-

1) Vgl. p. 326 ff.

lungen machen sich die Herren von der wirklichen Wahrnehmung und Untersuchung eines »Lichtkörperchens«?

Da jeder Mensch nur fünf Sinne hat, so muss jede sinnliche Wahrnehmung in den Bereich von Geruchs-, Geschmacks-, Gehörs-, Getast- oder Gesichtsempfindungen fallen. Ein Lichtkörperchen zu riechen, zu schmecken, zu tasten oder etwa durch ein Geräusch und Geprassel beim Zusammenprallen mit andern Lichtkörperchen zu hören, wird wohl den Verfassern selber etwas abenteuerlich vorkommen. Es bleibt also keine andere Annahme übrig, als dass Sir WILLIAM THOMSON und Professor TAIT in dem obigen Satze unter »wahrgenommen« soviel als »gesehen« verstehen, etwa mit Hülfe eines schönen und stark vergrössernden Mikroskopes von HARTNACK mit Immersionslinsen. In einer solchen Forderung liegt nun aber nicht etwa nur eine physikalische, sondern sogar eine leicht zu entdeckende logische Unmöglichkeit. In der That, wenn in uns erst durch die Berührung der Lichtkörperchen mit unseren Nerven die Empfindung des Lichts erzeugt wird, (gleichgültig ob dies durch Oscillationen des Aethers oder direct durch fortgeschleuderte Körperchen geschieht) so ist es offenbar unmöglich, ein solches Lichtkörperchen, bevor es unsere Sehnerven berührt oder afficirt hat, überhaupt durch das Auge wahrzunehmen.

Die Forderung der Wahrnehmung eines Lichtkörperchens oder einer Lichtwelle als solcher durch den Gesichtssinn enthält also einen groben Denkfehler, denn sie involvirt einen palpablen Widerspruch mit den Prämissen der zu Grunde gelegten Theorie. Ihrer logischen Bedeutung nach verhält sich jene Forderung etwa so, wie wenn Jemand mit seinen eigenen Augen direct die optischen Bilder auf den Netzhäuten derselben zu sehen verlangte.

Doch nun genug! Ich habe den Leser einen Blick in die »Werkstatt der Gedanken« Sir WILLIAM THOMSON's thun lassen, um »die Anschauungsweisen zu enthüllen, die leitenden Fäden auseinander zu wickeln, die ihm in seinen kühnen Gedankencombinationen geholfen haben, den widerstrebenden und verwirrten Stoff zu beherrschen und zu ordnen.« Ob wir Deutsche ihm aber für diese »Gedankencombinationen« »den höchsten Dank schuldig« sind, wie Herr HELMHOLTZ in seiner Vorrede uns zumuthet, darüber wird gegenwärtig der Leser

ein von jeder auch noch so bedeutenden Autorität unabhängiges Urtheil zu fällen im Stande sein.

Um jedoch Missverständnissen vorzubeugen, bemerke ich nochmals, dass für den Mathematiker und Physiker von Fach, der nicht das Bedürfniss hat, auf die Principien zurückzugreifen, oder der sich hierüber bereits seine eigenen Anschauungen gebildet hat, jenes Werk von THOMSON und TAIT viel Anregendes und Neues darbieten kann. Dagegen für einen auch noch so weit Vorgeschrittenen, jedoch an selbständiges Denken nicht völlig Gewöhnten, ist die Lectüre jenes Werkes nach meiner Ueberzeugung mit den grössten Gefahren verbunden. Ich wage es zuversichtlich zu behaupten, dass in der ganzen deutschen physikalischen Literatur nicht ein einziges Lehrbuch anzutreffen sein wird, welches wie jener berüchtigte §. 385 des Werkes von THOMSON und TAIT auf dem engen Raume von nur dreissig Zeilen eine solche Fülle von absolutem Nonsens enthält.

Ich sollte meinen, derselbe hätte hinreichen müssen, um die deutschen Uebersetzer zu veranlassen, aus jenem Werke entweder nur einen kritisch gesichteten Auszug zu geben, oder solche Stellen, wie die angeführten, wenigstens mit reservirenden und verbessernden Anmerkungen zu versehen.

Aber man wird sich zu derselben Rüge in fast noch höherem Masse bei den deutschen Uebersetzungen von TYNDALL's Schriften veranlasst fühlen. Denn hier wird durch jene Kritiklosigkeit nicht nur das wissenschaftliche, sondern an manchen Stellen auch das ästhetische Gefühl des deutschen Publikums verletzt und deshalb verdorben. In der That, wenn man in der deutschen Uebersetzung von TYNDALL's Cometentheorie ohne jedwede Bemerkung den folgenden Satz liest:

> »Es mag Cometen geben, deren Dampf sich nicht durch die Sonne zersetzen lässt, oder der sich, wenn zersetzt, nicht niederschlägt. Diese Ansicht eröffnet uns die Möglichkeit der Annahme von unsichtbaren Cometen, die durch den Raum wandern, vielleicht über die Erde fegen und ihren Gesundheitszustand beeinflussen, ohne dass wir sonst etwas von ihrem Vorübergehen merken«,

oder ebenso in einer anderen Schrift, die folgende Beschreibung einer Knie-Scene zwischen FARADAY und TYNDALL:

> »Ich kniete eines Tages neben ihm nieder, und legte meine

Hand auf seine Knie; er streichelte sie liebevoll und murmelte mit leiser, sanfter Stimme die letzten Worte, welche MICHAEL FARADAY zu mir sprach.«

»Es war mein Streben und mein Wunsch, die Stelle SCHILLER'S bei diesem GOETHE einzunehmen: und er war zu Zeiten so freudig und kräftig — körperlich so rüstig und geistig so klar, dass mir oft der Gedanke kam, auch er werde, wie GOETHE, den jüngeren Mann überleben.« — [1])

Ich behaupte, wenn man solche Stellen kritiklos in deutschen Uebersetzungen wiedergiebt, so verletzt man dadurch den gesunden Sinn unseres Volkes, und gewöhnt es an die Betrachtung von Reden und Handlungen einer bis zur Carricatur getriebenen Eitelkeit, wie sie nur als Krankheitssymptome bei einem Volke auftreten können, welches, von der Höhe des NEWTON'schen Zeitalters gesunken, mit Riesenschritten seinem wissenschaftlichen Verfalle entgegeneilt, wenn es nicht bei Zeiten diesen abschüssigen Weg verlässt.

Herr Professor TAIT wusste nicht, in welchen Abgrund wissenschaftlicher Zerrüttung seines Landes er uns blicken liess, als er am 3. August des Jahres 1871 in seiner Rede öffentlich und vor aller Welt verkündete:

---

1) In seinem neuen Buche *»Fragments of Science for unscientific people«* (London 1871) beschreibt Prof. TYNDALL in dem Capitel *»Science and Spirits«* auf drei vollen Seiten (p. 432—435) seine persönliche Theilnahme am Tischrücken und Geisterklopfen. Die Geister werden gefragt, unter welchem Namen Herr TYNDALL in der himmlischen Welt bekannt sei. (*»The spirits were requested to spell the name by wich I am known in the heavenly world.«*) Um das Pochen der Klopfgeister aber besser beobachten zu können, kriecht Professor TYNDALL unter den Tisch, an welchem sich die übrige Gesellschaft der Tischrücker befindet (*»so I crept under the table«*). In dieser unbequemen Position verharrt Herr TYNDALL mehr als eine Viertelstunde. (*»I continued under that table for at least a quarter of an hour.«*) Endlich werden die Geister wieder gesprächig und bezeichnen Herrn TYNDALL als den »Dichter der Wissenschaft«. (*Once there, the spirits resumed their loquacity, and dubbed me »Poet of Science.«*) Mit Rücksicht auf die obige Knie-Scene meinen die Geister jedenfalls SCHILLER.

Selbstzufrieden kriecht Professor TYNDALL wieder aus seinem Versteck unter dem Tische hervor und ruft triumphirend aus: »Das also ist das Resultat eines von einem Manne der Wissenschaft ausgeführten Versuches, um einen Blick in diese geisterhaften Phänomene zu thun«. (*This, then, is the result of an attempt made by a scientific man to look into these spiritual phenomena.*) —

Engländer, wacht auf! Es ist was faul im Staate Eurer *»scientific men«!*

»*Even among our greatest men of science in this country there is comparatively little knowledge of what has been already achieved,* . . . .«

Dieser Satz allein, — und ich habe keinen Grund an der Wahrheit seines Inhaltes zu zweifeln, da ich ganz unabhängig schon vor jener Rede zu demselben Resultate gelangt war [1]) — dieser einzige Satz, sage ich, characterisirt mehr als alles Andere den gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft in England. Die bewusste Continuität in der Geistesarbeit und die damit verbundene Entwickelung eines starken wissenschaftlichen Gewissens ist der Lebensnerv für jede Blüthe und jeden Fortschritt in der Wissenschaft. Ist dieser Nerv einmal verletzt oder gar zerschnitten, so treibt der stolze Bau vergangener Zeiten, gleich einem Schiffe ohne Steuer, haltlos auf dem Meere herum. Von den Wellen geschaukelt, bald hoch empor steigend und dann wieder sinkend, zeigt es uns im Glanz der scheidenden Sonne bald diese, bald jene Seite. Die stolz bewimpelten Masten und Segel erinnern an die Zeiten vergangener Pracht, — bald tief beschattet, bald glänzend wieder erleuchtet, geben sie uns Zeugniss vom unstet schwankenden Course des Fahrzeuges. Die Sonne sinkt, ein Sturm bricht los — und das Werk der Nacht ist vollbracht! Der nächste Tag beleuchtet nur noch schwimmende Trümmer als mahnende Zeugen der Vergänglichkeit alles Erdgeborenen. Sie werden sorgsam von den Küstenbewohnern gesammelt, so weit als möglich den Eigenthümern zurückgestellt, im Uebrigen aber zu anderen Bauten verwerthet.

Die nächste Folge des von Professor TAIT characterisirten Zustandes ist das üppige Emporwuchern eines wissenschaftlichen Proletariats, welches nur von der Hand in den Mund lebt. Unbekümmert um die Vergangenheit, noch weniger um die Zukunft, ist jeder zufrieden, wenn er nur seine masslose persönliche Eitelkeit nach Wunsch befriedigen kann, gleichgültig ob dies auf eigene oder Anderer Kosten geschieht. Je grösser die intellectuelle Rohheit, desto grösser der Lärm und die Anmassung. Ruhige, ernste Männer,

---

1) Die drei ersten Abschnitte dieser Schrift waren bereits Anfang August d. J. vollendet und als druckfertig dem Verleger übergeben. Erst bei meiner Rückkehr von der Ferienreise im October fand ich jene Reden und die Uebersetzung des Werkes von THOMSON und TAIT.

welche ein Leben voller Arbeit und mühevoll errungenen Verdienstes hinter sich haben, werden von wissenschaftlichen Dilettanten der Ungenauigkeit und des Irrthums geziehen, um hierbei gleichzeitig die eigene Waare, wie auf der Messe, als etwas noch nie Dagewesenes der verblüfften Menge anzupreisen. Keiner hat den Muth, einem solchen Gebahren ernsthaft entgegenzutreten, man lässt sich in wissenschaftlichen Gesellschaften durch jene Abenteurer terrorisiren und nur schüchtern und namenlos entsteigen Seufzer der gepressten Brust des Volkes, um sich im Vorgefühl des herannahenden Unterganges in Worten wie den folgenden Luft zu machen: »*Are we to live, scientifically, in the same way as alchemists and astrologers did in the Middle Ages?! and are we to ignore all that Bacon and Newton have done for us!*«

Fragt man woher und wodurch sich solche Zustände in England entwickelt haben, so liegt der tiefere Grund in der schon früher hervorgehobenen vorwiegend inductiven Begabung des englischen Geistes. Nachdem im Zeitalter NEWTON's die deductive Seite des Erkenntnissprocesses ein Maximum erreicht hatte, sehen wir in den folgenden zwei Jahrhunderten eine allmälige Abnahme dieser erfolgreich deductiven Verstandesthätigkeit. An ihre Stelle tritt die inductive Betheiligung an der Wissenschaft, welche sich am fruchtbarsten auf dem Gebiete der Physik erweist und hier mit FARADAY culminirt. Gleichzeitig aber, und gewissermassen inaugurirt durch diesen Forscher, entwickelt sich unter den hervorragendsten Trägern der Wissenschaft die Tendenz zu einer umfangreichen und allgemeinen Betheiligung an der Popularisirung der Wissenschaft. Hierdurch werden der Arbeit am Fortschritte der Wissenschaften nicht nur Zeit und Kräfte entzogen, sondern es entwickeln sich auf Grund der menschlichen Eitelkeit auch Bedürfnisse und Eigenschaften des Characters, welche einer hohen Entwickelung des Verstandes eher schädlich als nützlich sind. Die Eleganz des Vortrages, die Gewandtheit des Experimentirens, liebenswürdige Manieren im Umgange mit Menschen, Gracie der Bewegungen und anziehendes, möglichst imponirendes Auftreten bei lucrativen, öffentlichen Vorlesungen — alles das sind Eigenschaften, deren Werth von nun an allmälig im Course steigt und die sich auch durch natürliche oder künstliche Züchtung sehr bald im Laufe weniger Generationen entwickeln und vervollkommnen. Was ist

natürlicher, als dass gleichzeitig hiermit das Bedürfniss nach Repräsentation unter den Gelehrten wächst! Mit dem Begriffe eines »einfachen Professors« verbindet mancher Berliner Gelehrte heutzutage die Vorstellung eines eleganten Mannes, der in einem glänzend eingerichteten Institute grosse Gesellschaften zu geben und populäre Vorlesungen vor Damen und Herren zu halten versteht. Das wachsende Bedürfniss nach »gegenseitigem Austausch der Gedanken« nach »persönlicher Bekanntschaft und Anregung« wird in grossen Meetings und »Versammlungen von Naturforschern und Aerzten« befriedigt. Die Gefahren aber, welche hieraus, bei der Schwäche des menschlichen Characters, für die Liebe zur Wahrheit, für die Offenheit und Rückhaltlosigkeit des Urtheils über den Werth wissenschaftlicher Leistungen von Collegen u. s. w. entspringen, hat man, so viel mir bekannt, noch nicht gehörig erwogen.

Wer unter uns hätte denn wohl den Muth und die erforderliche Stärke des Characters, einen Mann, dessen persönliche Liebenswürdigkeit er auf einer solchen Versammlung schätzen gelernt hat, mit dem er Brüderschaft getrunken, den er herzlich umarmt, — vielleicht sogar geküsst hat, nur deshalb für immer sich zum erbitterten Feinde zu machen, weil er in einer Abhandlung oder in einem zur Belehrung des grossen Publicums verfassten Buche Dinge behauptet hat, die nach unserer innersten Ueberzeugung unwahr und verderblich sind, und daher nach unserem besten Wissen und Gewissen eigentlich auch offen bekämpft werden müssten?

Wäre ich denn je im Stande gewesen, meine im dritten Theile dieser Schrift ausgeführten psychologischen Untersuchungen vorzunehmen, wenn ich die Liebenswürdigkeit eines TYNDALL, oder die Eleganz eines HOFMANN mir persönlich gegenüber erfahren und schätzen gelernt hätte? Trotzdem halte ich solche psychologischen Vivisectionen nicht weniger als die schmerzvolleren physiologischen im Dienste der Wahrheit und Erkenntniss für moralisch erlaubt und sogar für geboten, wenn es sich nicht anders thun lässt.

Ich befinde mich bezüglich dieser Behauptung in voller Uebereinstimmung mit dem Ausspruche des deutschen Physikers LICHTENBERG, welcher sagt:

»Die Schwachheiten grosser Leute bekannt zu ma-

chen, ist eine Art von Pflicht; man richtet damit Tausende auf, ohne jenen zu schaden.«[1])

Der Ruhm und die wahren Verdienste bedeutender Männer um die Wissenschaft werden dadurch ebenso wenig geschmälert, wie der strahlende Glanz eines NEWTON dadurch je verdunkelt worden ist, dass derselbe nach seiner Culmination an der Uebersetzung und Interpretation der Apokalypse seine kostbare Kraft verschwendete.

Schädlich und verderblich können solche Beschäftigungen aber dadurch für die Wissenschaft werden, dass sie, gestützt durch eine bedeutende Autorität, auch Andere zur Nachahmung reizen.

Die Betheiligung an populären Vorlesungen und Uebersetzungen von Männern, die kraft ihrer Begabung und Stellung berufen sind, ihre kostbare Zeit der Förderung und nicht der Popularisirung der Wissenschaft zu widmen, bekämpfe ich wahrlich nicht deshalb, weil hierdurch das Volk aufgeklärt, in seinen Anschauungen geläutert und in seinen Interessen veredelt wird, — sondern nur deshalb, weil wir alle Menschen sind und als solche die Schwächen des Menschengeschlechtes durch Erbschaft überkommen und cultivirt haben. Der Gelehrte ist durch seine exceptionelle Stellung in der bürgerlichen Gesellschaft mehr als jeder andere Arbeiter den Gefahren der Eitelkeit ausgesetzt. Er gewöhnt sich daher allmälig daran, den flüchtig und leicht gespendeten Beifall jenem mühevoller und schwerer zu erringenden Lorbeer vorzuziehen, welchen in unverwelklicher Frische nur die Nachwelt auf sein Grab zu legen vermag.

In unserer Zeit, wo der Strom der Erkenntniss im Volke so breit fliesst, ist es ohnehin einem jeden Wissbegierigen hinreichend leicht gemacht, sich Belehrung und Aufklärung zu verschaffen, so dass nicht diejenigen behelligt und gefährdet zu werden brauchen, die berufen sind, die Wissenschaft zu fördern. Denn hierdurch verkümmern und erschlaffen allmälig auch die feineren Geisteskräfte, welche zu jenen schwierigeren Leistungen erforderlich sind: es bilden sich stillschweigend und unbewusst binäre oder multiple Verbindungen zur gegenseitigen Adoration und Verherrlichung, um das dunkle Gefühl des inneren Rückschritts zu betäuben. Die Folge hiervon ist,

1) GEORG CHRISTOPH LICHTENBERG's Gedanken und Maximen. Gesammelt und herausgegeben von ED. GRISEBACH. Berlin 1871. p. 129.

dass das wissenschaftliche Gewissen, die Continuität mit der Vergangenheit und Gegenwart verloren gehen und so der wissenschaftliche Verfall sowohl des Individuums wie des Volkes eingeleitet wird. Dies ist der Process, durch welchen sich vor unsern Augen die Auflösung der Wissenschaft bei unsern Nachbarn jenseits des Rheins unaufhaltsam vollzieht. Vielleicht schon das nächste Decennium wird in Frankreich und England so wunderbare Erscheinungen auf naturwissenschaftlichem Gebiete zu Tage fördern, dass die Richtigkeit meiner Behauptungen auch für die weniger weit Blickenden überzeugend bewiesen sein wird.

Wenn es mir durch die bisherigen Betrachtungen auch nur einigermassen gelungen sein sollte, den Leser von dem Ernste der Dinge zu überzeugen, um welche es sich hier handelt, so wird er meine Sprache in dieser Vorrede, vor Allem aber im dritten polemisch-psychologischen Theile des vorliegenden Werkes zu würdigen verstehen. Er wird mit ergriffen werden von jenem Gefühle tiefster Indignation, wenn er sieht, wie man sich sogar nicht scheut, die edelsten Charactereigenthümlichkeiten unseres Volkes Männern anzudichten, die hiervon, ebenso wenig wie der Blinde von der Farbe, jemals weder etwas empfunden haben, noch jemals zu empfinden im Stande sein werden.

Nicht genug, dass man gewissenhaft die von Mephistopheles dem Faust gemachten Vorschläge berücksichtigt und pünctlich ausführt:

»Associirt euch mit einem Poeten.
Lasst den Herrn in Gedanken schweifen,
Und alle edlen Qualitäten
Auf euren Ehren-Scheitel häufen, ...
Lasst ihn euch das Geheimniss finden,
Grossmuth und Arglist zu verbinden,
Und euch, mit warmen Jugendtrieben,
Nach einem Plane zu verlieben —«

nicht zufrieden mit all' den hieraus quellenden Genüssen, werden auch noch der Wahrheit öffentlich Faustschläge in's Gesicht versetzt, indem durch Gegenseitigkeit mit einander verbundene und geköderte Freunde den »reinen, edlen, deutschen Sinn« eines vergötterten Professors preisen, das »heilige Feuer für seine Wissenschaft«, die Sehnsucht nach deutschem Idealismus und nach einer »einfachen Professur auf deutscher Hochschule«. Ja, nicht einmal bei verschlossenen Thüren

und Fenstern feiert die Eitelkeit und Selbstvergötterung solche Feste, nein, öffentlich, vor aller Welt und mit Photographien versehen, finden sie in dem wissenschaftlichen Organe einer Gesellschaft Aufnahme und weiteste Verbreitung, welche sich selber gleichzeitig als eine »grosse, europäische wissenschaftliche Gesellschaft« proclamirt!

Fürwahr, wer solchem Gebahren unter höchsten Vertretern der Wissenschaft in seinem Vaterlande mit Gleichgültigkeit zuschauen kann, ohne von tiefster Entrüstung und heiligem Zorne mächtig ergriffen zu werden, zumal wenn es ihm gelungen ist, den Ursprung hiervon im Auslande zu entdecken, — von dem behaupte ich, dass er weder ein Herz für seine Wissenschaft noch für die Zukunft derselben in seinem Vaterlande besitzt!

Kein liberaler Minister wird durch glänzende Institute und Laboratorien, durch Gehaltserhöhungen der Professoren und neue Berufungen allein den Verfall einer ehemals begeisterten Stätte deutscher Wissenschaft aufhalten können, so lange nicht jene unterirdischen Verbindungen mit London und Paris gänzlich abgeschnitten sind. Erst in einer hierdurch gereinigten Atmosphäre werden allmälig wieder die Strahlen der Wahrheit ihren Weg zu den Herzen der Lehrer finden, damit sie, von ihnen erwärmt und begeistert, in selbstloser Hingabe der Wahrheit allein die Ehre geben und so der deutschen Jugend nicht nur ein vornehm kühles Bild des Wissens und Könnens, sondern auch das Beispiel eines reinen und anspruchslosen Antriebes zur Erkenntniss liefern. Um sich aber der Süssigkeit jenes lieb gewordenen Umganges zu entwöhnen, muss derselbe, wie beim Entwöhnen von der Muttermilch, zunächst mit einigen Tropfen Bitterkeit gemischt und dadurch der Geschmack daran verdorben werden, damit auch hier das alte Wort des Meisters ECKHART nicht in Vergessenheit komme: »die Wollust der Creaturen ist gemenget mit Bitterkeit.«

Und wäre es auch nur dieses, was mir durch die vorliegende Schrift zu erreichen vergönnt ist, — ich würde mir einbilden, der deutschen Wissenschaft und meinem Vaterlande einen nicht geringen Dienst erwiesen zu haben.

Sollte man mir aber einwenden, ich hätte kein Recht hierzu

und eine solche Sprache zieme sich nicht älteren und um die Wissenschaft hochverdienten Männern gegenüber, da sie geeignet sei, das Ansehen derselben bei der heranwachsenden Generation zu schmälern und herabzusetzen, — so würde ich einem solchen Vorwurfe einfach mit dem alten Sprüchworte begegnen: Böse Beispiele verderben gute Sitten.

In der That, wenn man in einer vom Uebersetzer seinen Landsleuten auf's Wärmste empfohlenen Schrift die folgenden Sätze liesst:

> »Solche Theorien sind um so gefährlicher, wenn sie zufällig weitere Erscheinungen erklären, wie WEBER's Theorie die inducirten Ströme erklärt. . . . . Da solche Speculationen zwar gefährlich, aber interessant und (wie z. B. WEBER's Theorie) oft sehr elegant sind, so werden wir darauf in den entsprechenden Capiteln zurückkommen.«

so ist man doch wohl auch zu der Frage berechtigt, ob denn durch eine solche Sprache nicht ebenfalls das Ansehen eines älteren und um die Wissenschaft hochverdienten Mannes bei der heranwachsenden Generation geschmälert und herabgesetzt wird, und zwar, wie sich nun herausstellt, unverdientermassen durch die Unfähigkeit und Uebereilung seiner Kritiker?

Würde wohl irgend ein englischer oder französischer Gelehrter einen solchen Mangel an Tact und bewusster solidarischer Verbindung mit dem wissenschaftlichen Credit eines seiner vaterländischen Collegen an den Tag zu legen im Stande sein, wie hier die deutschen Herausgeber eines englischen Werkes, indem sie jene Sätze getreu und in ihrer plumpen Nacktheit, — ohne jede Bemerkung,[1]) ja sogar nicht einmal mit dem ergänzenden Citate der WEBER'schen Abhandlung neben dem von englischen und französischen Autoren — uns Deutschen mit einer zur Dankbarkeit gegen die Verfasser auffordernden Vorrede darbieten?[2])

---

1) Herr Dr. OPPENHEIM, der deusche Uebersetzer von WURTZ' »Geschichte der chemischen Lehren seit LAVOISIER« lässt die Eingangsphrase jenes Machwerks: »Die Chemie ist eine französische Wissenschaft, sie wurde von LAVOISIER unsterblichen Andenkens gegründet« einfach in der deutschen Uebersetzung fort, weil er sie für »unpassend« hält. Sollten denn die obigen Worte über WEBER's Theorie nicht wenigstens auch als »unpassend« bezeichnet werden müssen?

2) WILHELM WEBER's Abhandlung, in welcher er die Angriffe auf seine Theorie widerlegt, ist am 9. Januar 1871 der Druckerei übergeben und am

Glaubt man auf solche Weise die in mehr denn einer Beziehung klassischen Arbeiten des ganzen Menschenlebens eines bescheidenen deutschen Gelehrten ersten Ranges aus der Welt schaffen zu können?

Es liegt eine Art höhnender Ironie in den Worten jener englischen Gelehrten, wenn sie sagen, sie wollen in den folgenden Capiteln auf WEBER's Theorie wieder zurückkommen — nicht etwa um ihre Wahrheit oder heuristische Zweckmässigkeit zu prüfen — nein, nur weil »solche Speculationen zwar gefährlich, aber interessant und oft sehr elegant sind.« In der deutschen Wissenschaft waren bisher Theorien nur so lange interessant, als sie uns den Weg zur Wahrheit zeigten, um ihre Eleganz haben wir uns nicht bekümmert, wenn sie nicht von selbst kam: diese zum Zweck der Arbeit zu erheben haben wir getrost Anderen überlassen.

Damit es aber zum Heile deutscher Wissenschaft auch in Zukunft so bleibe, haben wir Jüngeren nicht nur das Recht, sondern vor Allem die Pflicht, uns gegen Verunglimpfungen der obigen

---

25. Februar vollendet worden. Die Vorrede von HELMHOLTZ zu der Uebersetzung des obigen Werkes von THOMSON und TAIT ist datirt von Berlin, im Mai 1871.

Da nun Herrn HELMHOLTZ zu jener Zeit die Abhandlung WEBER's bekannt war, in welcher dieser sich nicht nur gegen die Bedenken von HELMHOLTZ, sondern auch gegen die schon früher von Herrn TAIT (*Sketch of thermodynamics Edinburg* 1868 p. 76) aus einem gleichen Gesichtspuncte erhobenen Angriffe vertheidigt, so ist man aus dem Umstande, dass diese Arbeit WEBER's nicht einmal von HELMHOLTZ in seiner vom Mai datirten Vorrede zu jenem Werke von THOMSON und TAIT erwähnt wird, wohl zu der Annahme berechtigt, dass sich Herr HELMHOLTZ durch die Arbeit WEBER's für noch nicht widerlegt ansieht und demgemäss noch auf dieselbe ausführlicher zu erwidern gedenkt.

Eine derartige Annahme wird, wie mir scheint, auch noch dadurch unterstützt, dass Herr HELMHOLTZ in seiner am 6. Juli 1871 in der Berliner Academie gehaltenen »Rede zum Gedächtniss an GUSTAV MAGNUS«, als er auf p. 12 von den Hypothesen in der mathematischen Physik spricht, ausdrücklich bemerkt: »Wir wissen jetzt, dass manche von diesen Hypothesen, die ihrer Zeit viel Beifall fanden, weit bei der Wahrheit vorbeischossen.« Dass unter diesen Hypothesen wohl auch die WEBER'sche Hypothese mit einbegriffen ist, könnte noch daraus gefolgert werden, dass der Redner kurz darauf, indem er von den Vertretern der mathematischen Physik in Deutschland spricht, WEBER ignorirend, nur »von GAUSS, von F. E. NEUMANN und ihren Schülern« zu reden weiss, während dagegen als »Mathematiker, die sich in England an FARADAY anschlossen, STOKES, W. THOMSON, CL. MAXWELL« genannt werden.

Art von theuren und verehrten Lehrern, die zu den wissenschaftlichen Zierden unseres Vaterlandes gehören, wie ein Mann zu erheben, damit ihnen am Abende eines thatenreichen Lebens, das bittere Gefühl erspart bleibe, nur für eine verständnisslose und von einem vornehmen Indifferentismus erfüllte Mitwelt gearbeitet zu haben!

Kein noch so hohes Verdienst um die Wissenschaft und nicht der höchste Ruhm verleihen ein Recht, das wissenschaftliche Pietätsgefühl eines Volkes leichtfertig zu verletzen!

Erwidert man mir, es sei nicht so schlimm gemeint gewesen, man habe sich bei der Uebersetzung jener Worte — nichts gedacht, — nun gut, so meine ich, dass es dann die höchste Zeit sei, solcher Gedankenlosigkeit beim Uebertragen englischer Schriften in's Deutsche Einhalt zu thun!

Gerade Männer vom Schlage der Weber, Neumann, Fechner, Bunsen und Kirchhoff dürfen in Deutschland nicht aussterben! Denn sie fördern nicht nur die Wissenschaft durch ihre Leistungen, sondern sie vergegenwärtigen uns auch durch ihre Bescheidenheit, durch ihre Freiheit vom Bedürfnisse gesellschaftlicher Repräsentation, durch ihre stille und geräuschlose Thätigkeit alle jene Charactereigenschaften, welche von jeher als die Zierden eines jeden, vor Allem aber jedes deutschen Gelehrten betrachtet worden sind. In ihnen allen steckt etwas von jener gesellschaftlichen Einfachheit und Anspruchslosigkeit unseres grossen Königsberger Denkers Immanuel Kant. Wohl ihnen! die gütige Natur verlieh ihnen hierdurch eine schöne und unveräusserliche Mitgift gegen die Gefahren und Plagen der modernen Salon-Geselligkeit! Nur in einer so geschützten und rein erhaltenen Atmosphäre grünen und blühen die Kräfte des Geistes bis in die spätesten Zeiten und befähigen einen Wilhelm Weber selbst noch im 68sten Jahre seinem fast 20 Jahre jüngeren Kritiker unmittelbar in einer Art und Weise zu erwidern, wie sie würdiger, edler und zugleich hochherziger vielleicht selten in den exacten Wissenschaften anzutreffen sein wird.

Nachdem in der Einleitung kurz der Inhalt seiner Abhandlung[1]) und ihre Beziehung zur aufgeworfenen Frage ange-

---

1) Die Einleitung lautet wörtlich folgendermassen: »Das Gesetz der electrischen Wirkung, welches in der ersten Abhandlung über Electrodynamische

deutet worden ist, entrollt uns WEBER auf den folgenden 57 Seiten, ohne auch nur einmal den Namen seines Gegners zu erwähnen,

---

Massbestimmungen (Leipzig 1846) ausgesprochen worden, ist von verschiedenen Seiten geprüft und mehrfach abgeändert, auch zum Gegenstand allgemeinerer Betrachtungen und Speculationen gemacht worden, die noch keineswegs als abgeschlossen anzusehen sein dürften. Die folgende Abhandlung beschränkt sich im ersten Abschnitte auf eine Erörterung des Verhältnisses dieses Gesetzes zum Princip der Erhaltung der Energie, dessen grosse Wichtigkeit und Bedeutung besonders in der mechanischen Wärmetheorie hervorgetreten ist. Da behauptet worden war, dass jenes Gesetz mit diesem Principe in Widerspruch stände, so ist nachzuweisen versucht worden, dass kein solcher Widerspruch statt finde. Jenes Gesetz gestattet vielmehr, dem Principe der Erhaltung der Energie noch einen Zusatz beizufügen, und dasselbe so umzuformen, dass seine Anwendung auf jedes Paar von Theilchen keineswegs blos auf die Zeit beschränkt ist, wo ein solches Paar durch andere Körper weder Gewinn noch Verlust an lebendiger Kraft erleidet, sondern immer gilt, unabhängig von den mancherlei Beziehungen, in welche beide Theilchen zu andern Körpern treten können.

Ausserdem wird im zweiten Abschnitte noch eine Anwendung jenes Gesetzes auf die Entwickelung der Bewegungsgesetze zweier, blos ihrer Wechselwirkung überlassenen, electrischen Theilchen gemacht. Führt diese Entwickelung direct auch zu keinen Vergleichungen und exacten Prüfungen mit vorhandener Erfahrung, was der Grund ist, warum sie bisher wenig Beachtung gefunden; so führt sie doch zu manchen Resultaten, welche als Leitfaden bei Erforschung der Molecularverhältnisse und Molecularbewegungen der Körper, die so grosse Bedeutung für Chemie und Wärmelehre gewonnen, wichtig erscheinen, und interessante Beziehungen in diesen noch dunkeln Gebieten der weiteren Forschung darbieten.«

Das Inhaltsverzeichniss der Abhandlung ist folgendes:

das Bild einer solchen Mannigfaltigkeit und wunderbaren Fülle von fruchtbaren Beziehungen seines Gesetzes zu den verschiedensten Gebieten der Naturerscheinungen, — zur Bewegung und Constitution chemischer Moleculargruppen nicht minder wie zu den Bewegungen

Es mögen hier nun auch einige characteristische Stellen aus der oben erwähnten Arbeit von HELMHOLTZ »Ueber die Bewegungsgleichungen der Electricität für ruhende leitende Körper« (CRELLE's Journal. Bd. 72. p. 57—129) angeführt werden:

Die Einleitung lautet folgendermassen:

»Bei Gelegenheit gewisser Versuche wurde ich veranlasst, die Frage zu discutiren, in welcher Weise electrische Ströme im Innern eines körperlich ausgedehnten Leiters zu fliessen beginnen. Ich suchte Aufschluss darüber aus der Theorie zu gewinnen. Die Bewegungsgleichungen der electrischen Ströme von veränderlicher Intensität für Leiter von drei Dimensionen, welche sich aus Herrn W. WEBER's sinnreicher Hypothese über das Wesen der electrischen Fernewirkungen ergeben, sind von Herrn G. KIRCHHOFF entwickelt, und theils von ihm, theils von andern Mathematikern mit Erfolg zur Erklärung einiger Beobachtungsthatsachen benutzt worden. Bei meinem Versuche, sie auf eine neue Aufgabe anzuwenden, ergaben sich physikalisch unzulässige Folgerungen, und die nähere Untersuchung überzeugte mich bald, dass der Grund davon in den Principien der Theorie stecke, dass nämlich nach den Folgerungen aus der WEBER'schen Theorie das Gleichgewicht der ruhenden Electricität in einem leitenden Körper labil sei, und dass deshalb die darauf gegründete Theorie die Möglichkeit von electrischen Strömungen anzeige, die zu immer grösser werdenden Werthen der Strömungsintensität und der electrischen Dichtigkeit fortschritten.«

Dass das aus diesem Umstande gegen Weber's Theorie gefolgerte Argument auf einem unzulässigen Schlusse beruht, da das von Helmholtz abgeleitete Resultat eines labilen Gleichgewichtes, ausser den Principien Weber's auch noch

der Himmelskörper — dass es unwillkürlich den Eindruck macht, als wolle der Verfasser zuerst nur zeigen, über welche Dinge und Mittel sein Geist noch zu gebieten vermag und was, wenn er bitter und kleinlich hätte sein wollen, er im Stande gewesen wäre, mit seinen Gegnern anzufangen. Aber der Milde und Würde seines Characters entsprechend, im Bewusstsein speculativer Ueberlegenheit, widerlegt er kurz und schlagend, gleichsam spielend, auf den letzten drei Seiten in der später p. 329, wörtlich mitgetheilten Art und Weise die Einwendungen von HELMHOLTZ.

Einem unscheinbaren und schweigsamen Wanderer vergleichbar, der unbekümmert um das geräuschvolle Treiben auf der Landstrasse, des schönen Zieles seiner Wanderung im Stillen sich bewusst, seinen Weg geht, — so verfolgt WILHELM WEBER seit 25 Jahren mit echter deutscher Gründlichkeit in einer Reihe scharfsinniger und klassischer Abhandlungen sein Ziel. Da, als die Abendsonne bereits lange Schatten wirft, vertreten ihm plötzlich einige »elegante« und »interessante« aber »gefährliche« Cavaliere den Weg. »Du bist auf falscher Fährte«, rufen sie ihm stolz entgegen. »Dein Weg kann nicht zum Ziele führen, denn er widerspricht unserer Karte! Du magst nun sehen, wo du dein müdes Haupt bei der hereinbrechenden Nacht bettest! Dein Weg ist in der Dunkelheit gefahrvoll!«

Aber freundlich grüssend bleibt der also Angeredete stehen, wischt sich, den bestaubten Hut lüftend, erst den Schweiss von der Stirne, und holt seine Karte hervor, um sie mit derjenigen der vornehmen Cavaliere zu vergleichen, — und siehe da, es stellt sich

---

*die der Kirchhoff'schen Ableitung seiner Differentialgleichungen zu Grunde liegenden **Hypothesen als Prämissen der Deduction** voraussetzt, — Hypothesen, die noch nicht einmal ihrem Inhalte nach begrifflich scharf präcisirt sind, — ist bereits oben p. L. erwähnt worden. (Vergl. Kirchhoff. Pogg. Ann. Bd. C. p. 193 ff. und Bd. CII p. 529.)*

HELMHOLTZ gelangt dann zu einem allgemeinen Ausdrucke mit einer Constanten *k*, welcher die Gesetze von F. E. NEUMANN, MAXWELL und WEBER involvirt. Diesen Gesetzen entsprechen beziehungsweise Werthe der Constanten + 1, 0, und — 1. Hierauf Bezug nehmend spricht dann HELMHOLTZ im Verlaufe weiterer Betrachtungen (p. 62) die folgende Behauptung aus: »Daraus geht hervor, dass *die Annahme eines negativen Werthes für die Constante k, wie sie im Weber'schen Inductionsgesetze gemacht ist, unzulässig ist.*«

heraus, dass diese durch einen unvollständigen Nachdruck betrogen, Bäche und Flüsse für Wege und Stege angesehen haben! Hier zeigt der freundliche Alte seiner unerwarteten Begegnung einen aufsteigenden Nebel, als Zeichen eines dort befindlichen und auf seiner Karte genau verzeichneten Gewässers, dort entsteigen durch magische Reflexe, gleich der Vorwelt längst entschwundenen Gestalten, ganze Gegenden dem Dufte der Landschaft, — und fern am Horizonte verräth ein glänzend goldener Purpurstrich das weite Weltmeer und die Aussicht in die Unendlichkeit! — —

So belehrt scheiden erstaunt und verwundert über den unscheinbaren Mann die Cavaliere. Er aber wünscht ihnen freundlich grüssend »glückliche Reise«, eine »gute Nacht« und tröstet sich im Stillen mit den Worten PETRARKA's: *si quis tota die currens, pervenit ad vesperam, satis est.* [1])

Auch an WILHELM WEBER wird sich dereinst das Wort des Dichters herrlich bewähren:

»Ein guter Mensch in seinem dunklen Drange
Ist sich des rechten Weges wohl bewusst!«

An ihm möge man sich ein Beispiel nehmen, wie eine wissenschaftliche Polemik in würdiger Weise zu führen ist, so lange sie nur auf den Inhalt und nicht, wie die meinige, zugleich auch auf die Motive von Arbeiten gerichtet ist.

Ich bin mir des hierdurch bedingten Unterschiedes meiner Polemik von anderen vollkommen bewusst, ich weiss, dass ich mir durch sie gerade einen grossen Theil derjenigen für immer zu unversöhnlichen Gegnern mache, welche bisher in England sowohl wie in Deutschland meinen Arbeiten auf physikalischem und astronomischem Gebiete eine wohlwollende und anerkennende Theilnahme zollten. Ich weiss es, dass eine jede neue Wahrheit, ehe sie zum fremden Kopfe Zutritt erhält, erst beim Herzen anfragen muss, ob der Verstand auch zu sprechen und zum Empfange des neuen Ankömmlinges bereit sei. Nach der gewöhnlichen Meinung der Menge werde ich mir daher durch dieses Buch einen ungeheuren Schaden zufügen, indem ich mir die Engländer verfeinde und in Deutschland ganze Schaaren erbitterter Gegner schaffe. — Um so besser! denn

---

1) PETRARKA: De vera Sapientia p. 140.

ich werde hierdurch vielleicht am sichersten gegen den Verdacht kleinlicher und eigennützziger Motive geschützt bleiben, welche man meiner Polemik zu unterstellen von Herzen gern bereit sein wird!

Mögen aber diejenigen, welche mir von diesem Standpuncte aus zu erwidern beabsichtigen, hier das offene Geständniss empfangen, dass mein Character kein händelsüchtiger sondern ein durchaus friedfertiger und milder ist. Heute noch kann ich, ohne die geringste Besorgniss vor einer Widerlegung, mit gutem Gewissen behaupten, dass ich weder in meinem privaten noch wissenschaftlichen Leben einen einzigen Menschen als meinen Feind zu bezeichnen vermöchte, noch einen solchen, welcher mir diesen Namen auch nur entfernt beizulegen geneigt wäre.

Diejenigen aber, welche sich den vielleicht erfolgreicheren Bemühungen hinzugeben beabsichtigen, mir selber Irrthümer, Unklarheit, mangelhaft begründete Annahmen, besonders aber Fehler im Differentiiren und Integriren u. dgl. m. nachzuweisen, um hierdurch den von mir Angegriffenen wieder mehr Relief zu verleihen, — mögen diese Alle erwägen, dass in der vorliegenden Schrift den bedeutendsten Koryphäen der mathematisch-physikalischen Wissenschaften fundamentale Irrthümer und leichtfertige Behauptungen von einer solchen Tragweite nachgewiesen sind, dass das »*Errare est humanum*« als Entschuldigungs- und Erklärungsprincip für dieselben schwerlich allein ausreichen dürfte. Wenn man daher Fehler der oben gedachten Art auch wirklich in dem vorliegenden Werke glücklich aufgefunden haben sollte — mir könnte hierdurch höchstens nur die Ehre widerfahren, in eine ebenso gelehrte als vornehme Gesellschaft berühmter Männer versetzt zu werden, welche durch den Nachweis meiner Irrthümer gedeckt und erhoben werden sollten.

Ich liebe den Frieden aufrichtig und von ganzer Seele — aber mehr noch die Wahrheit. Ist mir die Wahl gelassen, kleine Wahrheiten für die Gegenwart oder grössere für die Zukunft zu verkünden, so wähle ich ohne Bedenken die letzteren!

Sind die Motive, welche mich bei der Conception und Vollendung dieses Werkes begeistert und geleitet haben, eigennützige und selbstsüchtige gewesen, so wird es den Weg vieler Tausende seines Gleichen gehen, die Wissenschaft wird weder gefördert noch in ihrer

Entwickelung gehemmt werden und meine mir hierdurch geschaffenen Gegner werden frohlockend über mich triumphiren.

Sind dagegen Ursprung und Motive meiner Gedanken und Worte lauter und rein, ist das Gefundene die Wahrheit und nicht die Lüge, dann treffen auch dieses Buch die prophetischen Worte SCHILLERS:

»Wahrheit, wo rettest du dich hin vor der wüthenden Jagd?
Dich zu fangen, ziehen sie aus mit Netzen und Stangen;
Aber mit Geistestritt schreitest du mitten hindurch!«

Unerschütterlich lebt in mir der Glaube an eine bevorstehende Epoche der deductiven Erkenntniss der Welt, wie sie schöner, herrlicher und reicher an Harmonien nie zuvor gesehen worden ist. Deutschland allein ist berufen der Träger und Schauplatz dieser Epoche zu werden, denn nur der germanische Geist birgt in seinen Tiefen jene Fülle deductiver Bedürfnisse und Fähigkeiten, welche zur erfolgreichen Bewältigung des durch die exacten Wissenschaften aufgespeicherten inductiven Materials erforderlich sind.

Mag man immerhin noch über unsre philosophisch-speculative Episode mitleidig lächelnd die Achseln zucken — als Symptom betrachtet, kann sie nicht anders als der Ausdruck eines tief empfundenen Bedürfnisses nach Deduction aufgefasst werden, gleichgültig, ob das gesteckte Ziel und der Weg es zu erreichen im Hinblick auf die damals vorhandenen Kräfte als verkehrt und absurd bezeichnet werden müssen. Denn auch ich theile die Hoffnung unseres Dichters, wenn er also fragend die Zukunft erforschen will:

»Welche wohl bleibt von allen den Philosophien? Ich weiss nicht.
Aber die Philosophie hoff' ich, soll ewig bestehn!«

Streckt doch auch der Säugling schon seine Arme sehnsuchtsvoll nach dem Monde und den ferne blinkenden Gestirnen, um der beglückten Mutter freudig die ersten Zeichen jener Kraft zu verrathen, mit welcher er dereinst, zum Jünglinge gereift, den Bogen spannen und Beute suchend Speere werfen wird!

Gleich dem Adler, der, die Kraft seiner Fittige überschätzend, bis in jene Regionen der Atmosphäre dringt, wo Mangel an Lebensluft den Unvorsichtigen halbtod zur Rückkehr an die mütterliche Brust der Erde zwingt, ebenso wurde der verwegene Flug

der deutschen Speculation gehemmt und, beschämt durch die exacte Wissenschaft, wieder an die lauteren Quellen des irdischen Lebens und Erkennens zurückgeführt. Aber die Flügel, die unsern Nachbarn erst durch künstliche oder natürliche Züchtung wachsen müssten, sind uns Deutschen geblieben und ebenso die Erinnerung an jene herrlichen Aussichten, welche uns von schwindelnder Höhe den Zusammenhang und die Lage der irdischen Gefilde bis zum fernen Meere verrathen haben. Neu gestärkt und an Erfahrung bereichert werden wir unsern Flug noch einmal unternehmen, aber nur bis zu einer solchen Höhe, in welcher wir den Zusammenhang mit unserer Heimath nicht verlieren.

Ahnungsvoll trennte beim Beginne dieses Jahrhunderts der Seherblick SCHILLER's die Philosophen von den Naturforschern, indem er ihnen gebieterisch aber verständnissvoll die Worte zurief:

»Feindschaft sei zwischen euch! Noch kommt das Bündniss zu frühe!
Wenn ihr im Suchen euch trennt, wird erst die Wahrheit erkannt.«

Wie aber nun zwei Liebende nach langem und unfreundlichem Schmollen, an äusserer und innerer Erfahrung bereichert, endlich ihr beiderseitiges Unrecht erkennen und, von unwiderstehlicher Sehnsucht ergriffen, sich zum ewigen Bunde die Hände reichen, — so verkünden der Gegenwart tausend vernehmbare Zeichen den herannahenden Tag der Versöhnung! Schon erklingen die deutschen Wälder von den Stimmen befiederter Sänger, Knospen brechen hervor, alles drängt und treibt, und ahnungsvoll, wie beim Grauen eines schönen Frühlingstages, lauscht Alles dem Aufgange der Sonne! —

Entspriessen wird dann jenem Bündnisse der exacten Forschung mit einer geläuterten Philosophie die neue Weltanschauung des kommenden Jahrhunderts in nie geahnter Grösse und Klarheit der Erkenntniss. Sie wird zwar der körperlich älter gewordenen Menschheit weisse Mässigung im Verbrauche der Kräfte, mehr Ruhe und Schonung auferlegen, damit sie einem ehrbaren und friedfertigen Ende ruhig in's Antlitz schauen könne, — im Uebrigen aber wird sich auch hier die Analogie im Entwickelungsprocesse des Individuums und der Gattung bestätigen, indem die Culmination der Erkenntniss erst dann eintritt, wenn bereits der Körper das Maximum seiner physischen und socialen Leistungsfähigkeit überschritten und das Gefühl einer allmäligen Abnahme der Kräfte sich eingestellt hat.

Im Angesichte einer solch' herrlichen Aussicht auf eine die Welt umfassende Naturwissenschaft reiche ich den hochherzigen unter meinen Gegnern freudig die Hand zur Versöhnung; mögen sie erwägen, dass wir alle, ein jeder nach Massgabe der ihm zugewiesenen Rolle, zum Fortschritte und Durchbruche der Wahrheit mitzuwirken haben und dass bei uns zu Lande nach uralter Sitte einer jeden Hochzeit ein Polterabend mit den unvermeidlichen Scherben voranzugehen pflegt!

Leipzig, am 27. December 1871.

F. Zöllner.

Uebersicht des Inhalts.

I.

Zwei Abhandlungen über die physische Beschaffenheit der Cometen

von

Olbers und **Bessel.**

(1812 und 1836.)

1. Ueber den Schweif des grossen Cometen von 1811. Von Olbers.

2. Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Cometen und dadurch veranlasste Bemerkungen. Von Bessel.

II.

Ueber die Stabilität kosmischer Massen und die physische Beschaffenheit der Cometen.

III.

John Tyndall's Cometen-Theorie. — Studien im Gebiete der Psychologie und Erkenntnisstheorie.

IV.

Aphorismen zur Geschichte und Theorie der Erkenntniss.

Immanuel Kant

und seine Verdienste um die Naturwissenschaft.

Nachträge.

Einleitung.

Aus der vorstehenden Uebersicht des Inhaltes wird der Zusammenhang der scheinbar heterogenen Gegenstände, welche in vorliegender Schrift behandelt sind, am deutlichsten und schnellsten vom Leser erkannt werden.

Die ersten beiden Theile sind rein astronomisch-physikalischer Natur; der erste enthält in den beiden Arbeiten von Olbers und Bessel das inductive Material in Form von gesetzmässig verknüpften Bewegungsphänomenen. Der zweite Theil versucht als physische Ursachen dieser Phänomene Kräfte nachzuweisen, welche im Berreiche der irdischen Veränderungen analoge Erscheinungen hervorrufen, so dass durch inductive Verallgemeinerung nur die Intensität, nicht aber die Qualität jener bekannten Kräfte hypothetisch verändert zu werden braucht.

Der dritte Theil ist ursprünglich aus historischen Studien hervorgegangen. Im Verlaufe derselben wurden die subjectiven Bedingungen und die individuellen Eigenschaften der denkenden Wesen, deren intellectuellen Bedürfnissen die Gesammtheit aller Wissenschaften ihren Ursprung verdankt, der Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Dieselben mussten ihrer Natur nach einen psychologischen Character annehmen. Die hierbei gewonnenen theoretischen Resultate über die Abhängigkeit der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit von den Charactereigenschaften, insoweit diese die Motive der Gedankenarbeit beeinflussen, und zwar gleichgültig ob bewusst oder unbewusst, sind offenbar für den Fort-

g

schritt des wissenschaftlichen Erkenntnissprocesses nicht minder wichtig als die verschiedenen Methoden und intellectuellen Instrumente, welche im Laufe der historischen Entwickelung dem Schosse der exacten Wissenschaften entsprossen sind. Die erfolgreiche Anwendung dieser Hülfsmittel zur Förderung der Wahrheit setzt vielmehr stillschweigend die Existenz der oben angedeuteten moralischen Eigenschaften des Characters voraus. Deshalb hat eine psychologische Entwickelung jener Eigenschaften und ihres innigen Zusammenhanges mit den intellectuellen Operationen des Kopfes mindestens eine ebenso grosse, wenn nicht grössere, Bedeutung für die Fortentwickelung der Wissenschaft, als die bewusste Erkenntniss der Regeln und Methoden, welche der Verstand zur Erforschung der Wahrheit zu befolgen hat. In diesem Bewusstsein habe ich auch keinen Anstand genommen, die Wichtigkeit und Richtigkeit der theoretisch gewonnenen Resultate an Lebenden aus der unmittelbaren Gegenwart zu demonstriren, unbekümmert um die persönlichen Opfer, welche ich mir für die Zukunft hierdurch auferlege. Denn am vernehmlichsten redet zur Gegenwart das Gegenwärtige und zum Lebenden das Lebendige!

Die drei ersten Theile waren Ende August 1871 vollkommen druckfertig der Verlagshandlung übergeben, und sollten ursprünglich den ganzen Inhalt der Schrift umfassen. Indessen erhielt ich während meiner hierauf folgenden Reise, theils auf der Astronomenversammlung in Stuttgart, theils durch den persönlichen Verkehr mit wissenschaftlichen Freunden, noch so mannigfache Anregungen, dass ich schon unterwegs den Entschluss fasste, in Form von Aphorismen einzelne, im dritten Theile nur flüchtig berührte, Puncte ausführlicher zu behandeln.

Das interessante Beobachtungsmaterial, welches die so gründlichen und kritischen Untersuchungen von Pape, Winnecke, Bredichin und J. F. Julius Schmidt zur Bereicherung unserer Kenntnisse über die physische Beschaffenheit der Cometen geliefert haben, wurde mir erst nach meiner Rückkehr von der Reise im October

vollständig bekannt. Ich hoffe der vorurtheilsfreie Leser wird auch ohne besondere Hindeutungen an den betreffenden Stellen meine Freude mitempfinden, welche mir die Erkenntniss von der leichten Erklärbarkeit selbst ganz unbedeutender Einzelheiten in den Cometenphänomenen vom Standpuncte meiner physikalischen Theorie gewähren musste.

Dagegen halte ich es für vollkommen möglich, dass die gegen meine Theorie präoccupirten Geister in allen diesen Erscheinungen ebenso viele Widerlegungen meiner Ansichten erblicken werden, als die mit mir Uebereinstimmenden, Beweise dafür. Denn unser Erkenntnissvermögen steht mehr, als es im Interesse der Wahrheit wünschenswerth ist, unter dem persönlichen Einflusse des Herzens und seiner Befehle!

Meine Vermuthungen über den typischen und symptomatischen Character der TYNDALL'schen Schriften und ihrer bewussten oder unbewussten Motive haben sich auf meiner Reise in unerwarteter Weise zu einer solchen Festigkeit der Ueberzeugung entwickelt, dass ich die Freude über die für diese Gattung von Erscheinungen erkannten Ursachen nur mit derjenigen über die Erkenntniss der Cometenphänomene vergleichen kann. Ohne dass von meiner Seite auch nur im Geringsten jenes Thema berührt wurde, hörte ich mehrfach aus dem Munde schlichter Männer und Frauen Urtheile über derartige Erscheinungen unserer Zeit, die in Bezug auf Deutlichkeit und Entschiedenheit des Ausdruckes nichts zu wünschen übrig liessen. Ja, ich kann versichern, als ich im Anfang des October die Reden von Sir WILLIAM THOMSON und Professor TAIT auf der diesjährigen englischen Naturforscherversammlung am 3. August 1871 gelesen hatte, und vollends, als ich wieder in Leipzig eingetroffen, die von HELMHOLTZ und WERTHEIM veröffentlichte deutsche Ausgabe des Handbuches der theoretischen Physik von THOMSON und TAIT inclusive §. 385 als erste wissenschaftliche Novität auf meinem Tische vorfand, — da erschien mir das Entstehen meines Werkes wie ein Naturprocess, als etwas Nothwendiges in der Kette der

wissenschaftlichen Entwickelung, von dem ich selber kaum mehr wusste, wie es entstanden und was mein Verdienst an demselben sei. In der That das Gefühl, nur dasjenige in der vorliegenden Schrift zum vollen Bewusstsein zu bringen, was mehr oder weniger heutzutage in deutscher Wissenschaft zur Erscheinung drängt, was hier bald diese, dort bald jene Saiten dumpf erklingen lässt — dieses Gefühl hat mich bis zum letzten Federstriche nicht verlassen. Ich zweifle daher auch nicht, dass gleichzeitig mit mir verschiedene Köpfe dieselben Probleme behandelt haben und vielleicht in unbewusster Uebereinstimmung zur gleichen Auflösung geführt worden sind. Mögen denn solche Thatsachen immer eindringlicher jene Ueberzeugung in uns befestigen, dass die Verdienste persönlicher Leistungen weit mehr der Zeit und dem Volke als der Person angehören und dass keine noch so klar bewusste Wahl der Mittel jener wunderbaren Harmonie gleichkommen wird, mit welcher die Natur ihre uns unbewussten Zwecke zu fördern und jederzeit sicher zu erreichen versteht.

I.

ZWEI ABHANDLUNGEN

UEBER

DIE PHYSISCHE BESCHAFFENHEIT

DER

COMETEN

VON

OLBERS UND BESSEL.

„Kurz, ich weiss durchaus nicht, woher diese Repulsivkraft oder bestimmter zu reden, woher dies Bestreben der Schweifmaterie, sich von der Sonne und dem Cometenkern zu entfernen, entsteht: genug, dass die Beobachtung es deutlich zeigt. Enthalten kann man sich indessen schwerlich, dabei an etwas unseren electrischen Anziehungen und Abstossungen analoges zu denken. Warum sollte auch diese mächtige Naturkraft, von der wir in unserer feuchten stets leitenden Atmosphäre schon so bedeutende Wirkungen sehen, nicht im grossen Weltall nach einem weit über unsere kleinlichen Begriffe gehenden Massstabe wirksam sein?"

Olbers
Zach's monatl. Corr. Januar 1812.

„Ich glaube, dass das Ausströmen des Schweifes des Cometen ein rein electrisches Phänomen ist: Körperchen auf dem Cometen und der Comet selbst werden durch den Uebergang von grösserer zu geringerer Entfernung von der Sonne electrisirt und dadurch abgestossen.

Wenn man doch das Licht des Schweifes prüfen könnte, um dadurch zu erfahren, ob es electrisch ist!"

Bessel
20. Januar 1835.
Briefwechsel zwischen Olbers und Bessel.
Bd. II. p. 390.

Ueber den Schweif des grossen Cometen von 1811.

Von

Olbers.

ZACH's Monatliche Correspondenz. Januar 1812. Bd. XXV. 3—22.

Mit Recht hat die sonderbare Gestalt, die an dem Schweife des jetzigen Cometen bemerkt wird, allgemeine Verwunderung erregt, und mit Gewissheit kann ich Ihre Frage: »Ob man schon sonst einen eben so geformten Cometen-Schweif gesehen habe?« nicht bejahend beantworten. Allein eben das Ungewöhnliche, das sich [4] bei diesem Cometen zeigt, scheint mir zwar bei weitem nicht hinreichend, die räthselhafte Natur der Cometen-Schweife zu erklären — doch so viele neue Ansichten über die Bildung derselben zu geben, dass ich auf Ihre gütige Erlaubniss rechne, wenn ich Ihnen einige Folgerungen, die nach meiner Meinung unmittelbar aus dem, was wir gesehen haben und zum Theil noch sehen, abzuleiten sind, vorzulegen wage.

In den ersten Tagen der Wiedererscheinung des Cometen hatte ich, von Dämmerung, Mondschein und den Dünsten des nahen Horizonts, zum Theil auch von Witterung verhindert, nichts vom Schweife des Cometen wahrgenommen. Am 28. August Abends wurde ich zuerst von der Erscheinung überrascht, dass vor dem eigentlichen Cometen, nicht mit ihm zusammenhängend, ein parabolisch, oder damals vielmehr hyperbolisch gekrümmter lichter Reifen zu liegen schien. Die beiden Aeste dieses Reifens, jeder etwa 30 bis 40 Minuten im Cometensucher zu verfolgen, machten einen Winkel von 80 bis 85 Grad mit einander. Der eine lag fast ganz horizontal, der andere mehrentheils vertical. Voll Verwunderung

über das mir unerklärbare Phänomen, blieb ich die Nacht auf, um den Cometen etwas höher herauf am östlichen Horizont nach Untergang des Mondes zu sehen. Die Witterung blieb heiter, und nun sahe ich um $2^1/_2$ Uhr deutlich, dass der am vorigen Abend isolirt gesehene Reifen blos der hellere Rand des breiten Cometen-Schweifes war, der bei dem starken Mondenlichte allein sichtbar
5 blieb: dass der Schweif aber nicht mit dem eigentlichen Körper des Cometen zusammenhing, sondern von diesem allenthalben, selbst gegen die Sonne zu, durch einen beträchtlichen dunkeln Zwischenraum getrennt war. Die beiden Aeste des parabolischen Reifens verliefen in den Schweif, der sehr breit war, mit seinem linken Rande an N. 64 im kleinen Löwen (nach BODE) streifte, mit dem rechten aber gegen μ im grossen Bären heraufstieg, den er jedoch nicht völlig erreichte.

In den folgenden Abenden, da der Comet immer höher herauf kam, entwickelte sich die Gestalt des Cometen und seines Schweifes immer deutlicher, besonders als nach dem 7. September der Mond nicht mehr hinderlich war. Ich habe oft versucht, die Dimensionen der den Kopf des Cometen bildenden Theile zu nehmen, aber vorzüglich ist mir dies am 14. September geglückt, da der Comet bei dem heitersten Himmel mit vielen kleinen Sternen umgeben war, deren Lage unter einander und gegen den Mittelpunct des Cometen ich kannte, oder durch meine Beobachtungen bestimmte.[1] Diese Sterne dienten mir zu Vergleichspuncten, um darnach die Abmessungen des Cometen-Kopfs so genau zu nehmen, als sich dergleichen schlecht begränzte Gegenstände nur immer abmessen lassen. Nach diesen will ich den Cometen näher beschreiben.

6 Die, höchst wahrscheinlich einen festen Kern einhüllende, sehr helle eigenthümliche Atmosphäre des Cometen bildete eine runde, aber schlecht begränzte Scheibe von reichlich 2′ im Durchmesser (Taf. I Fig. 1) *C*. Um sie fand sich ein dunkler, parabolischer Raum *f b a d g*, den ein hellerer, auch parabolisch gekrümmter, gegen *F* und *G* immer breiter werdender Reifen *F B A D G* begränzte.

---

1) Unter andern gehörte dazu ein schöner Stern fast sechster Grösse, der wahrscheinlich BODENS N. 265 Urs. maj. sein soll, und den ich sonst nirgends in der Hist. cél. als unter D'AGELETS Beobachtungen fand. BODE gibt den Ort des Sterns nur beiläufig in ganzen Minuten, aber auch sehr unsicher an.

Die innere Seite dieses hellen parabolischen Reifens $f\ b\ a\ d\ g$ war etwas schlechter begränzt als die äussere. Ich fand $CA = 6'\ 53''$, $BD = 23'\ 16''$, und wenn man auf der Axe ACE des Cometen-Schweifes $CE = 35'\ 16''$ nahm, so war $FG = 55'\ 0''$, letzteres auf ein Paar Minuten ungewiss. Der Theil ADG war etwas heller und breiter als ABF. Der innere dunkle parabolische Raum $f\ b\ a\ d\ g$ war zwar sehr auffallend von dem hellern parabolischen Reifen unterschieden, aber er unterschied sich doch auch sehr merklich von der dunkeln Bläue des Himmels ausserhalb des Reifens. Am mehresten näherte er sich dieser Farbe in der Nähe der Axe CE. Dem Augenmasse nach schien C ungefähr im Brennpuncte der einer Parabel wenigstens ähnlichen Curve $FBADG$ zu liegen.

Es ist aus diesem klar, dass der Cometen-Kern C mit der ihn einhüllenden eigenthümlichen Atmosphäre in einem hohlen, fast leeren, parabolischen Conoiden von Dunst eingeschlossen war, dessen Dunstwände damals keine beträchtliche Dicke hatten und allenthalben weit von ihm abstanden. Da, wo man also gegen die Axe AE zu senkrecht oder fast senkrecht durch diese nicht sehr dicken Wände sieht, muss nur eine geringe Helligkeit zu bemerken sein, 7 die gegen den Rand auf einmal schnell zunehmen muss, gerade wie es sich bei diesem Cometen zeigte. Vielleicht war damals für jeden auf der Axe senkrechten Durchschnitt des Conoiden die Dicke der Dunstwände nicht viel über $^1/_{10}$ des Halbmessers der innern Höhlung. Dies gibt, wie man durch eine sehr leichte Rechnung findet, den hellsten Theil des Reifens etwas über viermal heller, als den dunkelsten des innern parabolischen Raums. Und an diesem Verhältniss mochte in der ersten Hälfte des Septembers nicht viel fehlen. Nachmals wurde die Dicke der Dunstwände im Verhältniss gegen den Halbmesser der innern Höhlung immer grösser; und so war schon gegen Ende des Octobers die Helligkeit des Reifens viel weniger von der des innern Raums abstechend.

Mir scheint aus dieser Form des Cometen-Schweifs deutlich zu folgen, dass die von dem Cometen und seiner eigenthümlichen Atmosphäre entwickelten Dämpfe sowohl von diesem, als von der Sonne abgestossen werden. Sie müssen sich also dort anhäufen, wo die Repulsivkraft des Cometen, die wahrscheinlich umgekehrt wie das

Quadrat des Abstandes vom Kern abnimmt, von der Repulsivkraft der Sonne überwogen zu werden anfängt. Dass nur sehr selten Cometen die Erscheinung zeigen, die wir an dem jetzigen bewundern, rührt daher, dass nur selten die Repulsivkraft des Cometen gegen die der Sonne gross genug ist, die Schweifmaterie auch gegen die Sonne zu noch ausserhalb der eigenthümlichen Atmosphäre des 8 Cometen zu treiben. Vielleicht haben wir das Auszeichnende dieses Phänomens bei unserm Cometen hauptsächlich dem Umstande zu danken, dass er immer so beträchtlich von der Sonne entfernt blieb, und doch in diesem grossen Abstande eine beträchtliche Menge von Schweif-Materie ausströmte. Denn auch die abstossende Kraft, die die Sonne auf diese Stoffe so sichtbar äussert, muss wahrscheinlich unter übrigens gleichen Umständen umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes von ihr abnehmen.

Man muss sich immer hüten, aus einzelnen Erfahrungen keine zu allgemeine Schlüsse zu ziehen, und es würde viel zu gewagt sein, wenn man das, was der jetzige Comet zeigt, auf alle diese Weltkörper anwenden wollte. Leider sind zu unsern Zeiten wenig grosse Cometen erschienen, und gerade der von 1807 hatte so wenig, als der kleinere von 1799, die uns unser vortrefflicher SCHRÖTER beschrieben hat, irgend etwas besonderes auszeichnendes in der Kopfbildung. Von den älteren Cometen haben wir, ausser von demjenigen des 1744sten Jahres, keine guten Abbildungen, wie sie sich durch hinreichend vergrössernde Fernröhre darstellten. CYSATUS oft wieder copirte Figuren sind, wie HEVELS zahlreiche Kupfertafeln, in seiner höchst weitschweifigen und langweiligen Cometographie, ganz schlecht. Blos von dem Cometen vom April 1665 finde ich bei LUBIENICZ eine erträgliche, mehr der Natur gemässe Kupfertafel von HEVEL, die LUBIENICZ wahrscheinlich aus der Mantissa Prodromi, die ich nicht besitze, entlehnt hat. So wie HEVEL die übrigen Cometen abbildet, hat gewiss, wie auch schon ROB. HOOKE bemerkt, 9 nie ein Comet ausgesehen. Schon besser sind HOOKE's Figuren von den Cometen von 1680 und 1682 in seinen Posthumous Works, obgleich von HOOKE nur ganz roh, als Beihülfe seines Gedächtnisses entworfen und von dem Herausgeber, RICHARD WALLER, ex ingenio und nach HOOKE's Beschreibung ausgeführt. Sie bleiben also immer

unsicher.[1]) Aber ganz vortrefflich sind die 8 Figuren, die uns HEINSIUS »(Beschreibung des im Anfang des Jahres 1744 erschienenen Cometen. Petersburg 1744)« von diesem Cometen geliefert hat. Er hatte Gelegenheit, diesen ungemein merkwürdigen Cometen durch ein ausnehmend gutes vierfüssiges SHORT'sches Telescop zu betrachten. Möchte ich mit diesen musterhaften Abbildungen ganz diejenigen gleichstellen können, die uns der berühmte MESSIER (Mém. de l'Acad. de Paris 1775) von dem Cometen von 1769 gegeben hat. Sie bleiben immer lehrreich, aber es hat Herrn MESSIER nicht gefallen, den Kopf des Cometen auszuzeichnen. Er gibt an dessen Stelle blos einen leeren Kreis.[2]) Von einem solchen Astronomen, 10 der zugleich ein so guter Zeichner ist — eine seltene Verbindung — hätte man mehr erwarten können.[3])

Bei diesem Mangel an älteren genauen und zuverlässigen Beschreibungen und Abbildungen von Cometen ist es schwer, mit Bestimmtheit zu sagen, ob man nicht schon sonst mehreremale einen eben so geformten Schweif an andern Cometen wahrgenommen hat, wie ihn uns der jetzige Comet zeigt. Soviel scheint mir wenigstens nach sorgfältiger Prüfung dieser unvollkommnen Nachrichten und nach meiner eignen Erfahrung zu erhellen, dass eine Verschiedenheit unter den Cometen stattfindet. Es gibt

1) Cometen, bei denen sich keine Materien oder Stoffe entwickeln, auf welche die Sonne eine Repulsivkraft äussert. Schweif-

---

1) HOOKE's Zeichnungen und Beobachtungen können unter andern wenigstens dazu dienen, die monströse Gestalt des Cometen von 1682, die HEVEL am 8. Sept. beneficio longioris telescopii gesehen zu haben glaubte und in den Actis eruditorum 1682 p. 391 und noch schlimmer im Annus Climactericus p. 123 abbildet, zu würdigen und zu beurtheilen. HOOKE hat den Cometen am nämlichen Tage beobachtet. — Zu welchen falschen Urtheilen muss es leiten, wenn uns solche erfabelte Carricaturen als wirkliche Abbildungen himmlischer Gegenstände gegeben werden!

2) Herr MESSIER nennt zwar diesen Kreis den Kern des Cometen. Aber wie kann der nie über vier Minuten gross gefundene Kern durch einen Kreis von dieser ganz unverhältnissmässigen Grösse vorgestellt werden?

3) Es ist sehr zu bedauern, dass der Baronet Sir HENRY ENGLEFIELD seinen Plan, eine Geschichte der vornehmsten, nach Erfindung der Fernröhre beobachteten Cometen mit besonderer Rücksicht auf ihre Kerne und Schweife herauszugeben, so viel ich weiss, nicht zur Ausführung gebracht hat. Er hatte schon, wie er sagt, vieles aus seltnen Büchern und Handschriften dazu gesammelt. S. ENGLEFIELD on the determination of the orbits of Comets.

lose Cometen. Auch bei der vortheilhaftesten Lage gegen Erde und
11 Sonne zeigt sich bei diesen nichts von einem Schweife. So viel mich bisher Erfahrung hat belehren können, sind dies die Cometen ohne festen Kern, die ganz aus einer Dunstmasse zu bestehen scheinen.

2) Cometen, bei denen blos eine Repulsivkraft der Sonne, keine des Cometenkerns zu bemerken ist. Z. B. der Comet von 1807. Bei diesem war durchaus auf der der Sonne zugekehrten Seite keine Schweifmaterie zu bemerken: ja im October 1807 war dieser Theil der Cometen-Atmosphäre so äusserst dünn und durchsichtig, dass man ihn kaum im Fernrohr wahrnehmen konnte.

3) Cometen, wie der jetzige, bei denen sowohl eine Repulsivkraft der Sonne, als des Cometenkerns selbst in der Schweifbildung wirksam ist. Ohne Bedenken werde ich dazu die Cometen von 1665, 1680, 1682, 1744 und 1769, ja alle die Cometen rechnen, bei denen man in der Mitte des Schweifes eine breite dunkle Bande wahrgenommen hat. Man hat diese oft bemerkte dunkle Bande sehr unbedachtsam für einen Schatten des Cometenkerns erklären wollen, was sie durchaus nicht sein kann. Man darf nur an die Grösse der Sonne und die Kleinheit der Cometenkerne denken, um diese Schatten-Hypothese völlig zu verwerfen. Diese dunkle Bande deutet nothwendig auf einen ähnlichen hohlen Conoiden von Schweifmaterie, wie bei unserm Cometen.

Merkwürdig ist es hierbei, dass sich von manchen Cometen bei ihrer Annäherung zur Sonne verschiedenartige Stoffe entwickeln, auf die sowohl die Repulsivkraft der Sonne, als die des Cometen
12 selbst specific verschieden wirkt. Was die Sonne betrifft, so erhellet dies deutlich aus den Cometen mit doppelten oder gar vielfachen Schweifen. Bei dem Cometen von 1807 war dies unter andern sehr überzeugend darzuthun. Der gerade längere Schweif musste nothwendig aus Theilchen bestehen, die ungleich stärker von der Sonne fortgestossen wurden, als die Stoffe, die den gekrümmten Schweif bildeten. Die Krümmung der Cometen-Schweife und ihre Abweichung von der durch die Sonne und den Mittelpunct des Cometen gezogenen geraden Linie hängt unter übrigens gleichen Umständen von dem Verhältniss der Geschwindigkeit, womit diese Schweifmaterie von der Sonne fortgestossen wird, zu der Geschwindigkeit des Cometen selbst ab. Je langsamer der Schweifstoff auf-

steigt, um so grösser ist jene Abweichung, um so stärker die Krümmung. Die Geschwindigkeit der Theilchen, die den geraden Schweif bildeten, musste also ganz ungleich grösser sein. — Dass aber auch die Repulsivkraft des Cometenkerns auf die sich von ihm entwickelnden verschiedenartigen Stoffe specific verschieden wirkt, scheint mir besonders aus dem, was Herr Messier bei dem Cometen von 1769 wahrnahm, zu erhellen. Die beiden getrennten kleinern Seitenflügel des Schweifs, die Herr Messier[*] den 30. August und 2. September bemerkte, und die sich nachher in zwei neue helle, den beiden bis dahin immer gesehenen fast parallele Streifen verwandelten, geben zu erkennen, dass dieser Comet mit zwei hohlen Dunstkegeln umgeben war, wovon der eine in dem andern steckte. Auf die Materien, die den äussern dieser Dunstkegel bildeten, musste die Repulsivkraft des Cometen weit stärker wirken, als auf die- 13 jenigen, aus denen der innere Kegel geformt war. — Auch bei unserm Cometen habe ich vom 9. October an schwache, doch deutliche Spuren eines zweiten Schweifs bemerkt.

Unbedingt habe ich bis jetzt von Repulsivkräften gesprochen. Ich bin weit entfernt, damit das wirkliche Dasein solcher abstossenden Kräfte im Weltgebäude behaupten zu wollen. Ich will dadurch blos die Erscheinung andeuten, dass die Schweifmaterie der Cometen sich sowohl vom Cometen selbst, als von der Sonne zu entfernen strebt. Immer mag diese Abstossung, die die Sonne und auch oft der Comet auf die Schweifmaterie äussert, im Grunde durch anziehende Kräfte bewirkt werden. Die Abstossung der Sonne ist längst, ich möchte sagen seit Appians Zeiten, zu augenfällig gewesen, als dass man nicht auch längst gesucht hätte, sie zu erklären. Es sind eine Menge von Hypothesen darüber erdacht und wieder vergessen worden. Newtons und Eulers Meinungen theilen noch jetzt am meisten den Beifall der Physiker und Astronomen. Letzterer lässt, ganz inconsequent mit seinem System, welches das Licht blos für eine zitternde Bewegung des Aethers hält, die Schweifmaterie durch die Sonnenstrahlen fortgestossen werden. Diese Hypothese hat unser Comet völlig widerlegt. Wie könnte sich durch die Sonnenstrahlen vorwärts vom Cometen gegen die Sonne zu Schweifmaterie ansammeln? Newtons Voraussetzung,

dass sich der Aether durch die gebrochenen und reflectirten Sonnen-[14]strahlen um den Cometen herum erwärme, ausdehne und so leichter werde, also aufsteigen, das heisst, sich von der Sonne entfernen müsse und die leichten Dunstpartikelchen der Cometen-Atmosphäre mit sich fortreisse, möchte sich noch vielleicht, doch sehr gezwungen, retten lassen. Aber diese Newton'sche Hypothese scheint mir sonst so viel gegen sich zu haben, dass sie ein so künstliches Rettungsmittel nicht leicht wahrscheinlich machen kann. — Kurz, ich weiss durchaus nicht, woher diese Repulsivkraft oder, bestimmter zu reden, woher dies Bestreben der Schweifmaterie, sich von der Sonne und dem Cometenkern zu entfernen, entsteht: genug, dass die Beobachtung es deutlich zeigt. Enthalten kann man sich indessen schwerlich, dabei an etwas unsern electrischen Anziehungen und Abstossungen analoges zu denken. Warum sollte auch diese mächtige Naturkraft, von der wir in unserer feuchten, stets leitenden Atmosphäre schon so bedeutende Wirkungen sehen, nicht im grossen Weltall nach einem weit über unsere kleinlichen Begriffe gehenden Massstabe wirksam sein?

Allerdings haben wir bei diesen Repulsionen der Schwierigkeit zu begegnen, wie denn Keplers Gesetze dabei bestehen können, denen doch auch die Cometen genau folgen? Diese Schwierigkeit drückt, mehr oder weniger, Eulers und Newtons Erklärungsarten gleichfalls. Man wird darauf antworten müssen und auch mit Recht antworten können, dass die Masse der Schweifmaterie zur Masse des ganzen Cometen nur ein unbedeutendes Verhältniss hat und, was die Hauptsache ist, dass die abstossende Kraft der Sonne erst [15] dann auf diese Partikelchen wirksam wird, wenn sie sich schon wirklich von der blos schweren Masse des Cometen getrennt haben.

Wie dünne die Schweifmaterie sei, zeigt sich aus ihrer Durchsichtigkeit. Selbst durch die hellen parabolischen Reifen liessen sich Sterne 8. und 9. Grösse noch gut erkennen, doch wurde ihr Licht sehr merklich geschwächt. Unter andern habe ich dies bei dem heitersten Wetter am 7. September zwischen 8 und 9 Uhr wahrgenommen, wo zwei Sterne 8. Grösse der Hist. cél., von denen der Comet wahrscheinlich den südlichen nach 11 Uhr bedeckt haben

wird, in diesem lichten Bogen standen.[1]) Ihr Licht wurde so geschwächt, dass ich ihre Ein- und Austritte in das Kreismikrometer meines grossen, sonst so lichtstarken Dollonds nicht mit Sicherheit beobachten konnte. Innerhalb des dunkeln parabolischen Raums habe ich, gegen Ihre Erfahrung, die Sterne immer viel heller und deutlicher gesehen, als in jenen Reifen.

Allein wenn so dieser hellere Theil des Cometen-Schweifs beträchtlich das durchfallende Licht schwächt, und es so stark zurückwirft, um uns mit einer solchen Helligkeit sichtbar zu sein, so äussert er doch nicht die geringste strahlenbrechende Kraft auf die Lichtstrahlen. Diese hätte in den Rändern des Schweifes oder in jenen parabolischen Reifen, wenn Sterne dadurch berührt wurden, 16 nothwendig sichtbar werden müssen. Es folgt aus diesem gänzlichen Mangel an Refractionskraft meiner Meinung nach nothwendig, dass die Schweifmaterie aus lauter discreten Theilchen bestehe, dass diese Partikelchen, nach GRENS Ausdrucke, mit dem Aether, oder was sonst den Himmelsraum ausfüllen mag, blos gemengt, nicht gemischt sind. Kurz, es scheint sich mit der Schweifmaterie gerade so zu verhalten, wie mit vielen unserer Nebel. Auch diese bestehen aus einer ungeheueren Menge blos mit der Luft gemengter unendlich kleiner Wassertheilchen. Der Nebel schwächt das durch ihn fallende Licht, wirft es hinreichend stark zurück, um uns als glänzende Wolke sichtbar zu sein, und hat doch gar keine von der Luft verschiedene strahlenbrechende Kraft.

Fast unbegreiflich ist die Geschwindigkeit, womit dieser Schweifstoff vom Cometen aufwärts steigt. NEWTON hat eine Methode angegeben, die Zeit, welche die Schweifmaterie gebraucht hat, vom Cometen bis an's Ende des Schweifs zu kommen, wenigstens beiläufig zu berechnen. Ich habe diese zweimal, am 11. und 13. Oct., auf unsern Cometen angewandt und bei der Rechnung die Bahnbestimmung des Herrn Prof. GAUSS zum Grunde gelegt. Am 11. October war der Kopf des Cometen in 6^s 18° 29′ Länge und 60° 38′ nördl. Br. Der Schweif, der mittlern Direction nach ge-

---

1) Es waren die beiden Sterne, die Hist. cél. pag. 59 so vorkommen;

10^u 44′ 29″	7° 55′ 17″
44 38,5	7 59 48

rechnet, endigte sich für blosse Augen bei ι Drakonis in 6^s 0^0 mit 75^0 n. B. Am 13. October war die Länge des Cometen 6^s 24^0 $35'$, die nördl. Breite 61^0 $40'$. Ich konnte den Schweif bis bei ϑ im Drachen erkennen und schätzte sein Ende in 6^s 14^0 mit 76^0 n. B.
17 Aus diesen Angaben berechnete ich nun den Winkel, den die Chorde des gekrümmten Cometen-Schweifes in der Ebene der Cometenbahn mit der durch die Sonne und den Cometen gezogenen geraden Linie machte

	d. 11. Oct.	d. 13. Oct.
	12^0 $51'$	12^0 $28'$
die Länge dieser Chorde	0,5561	0,6391
die Zeit, welche die Dünste gebraucht hatten, bis ans Ende des Schweifs zu kommen	11,308 Tage,	11,065 T.

Beide Resultate stimmen so gut überein, als man es bei solchen schwer mit irgend einiger Schärfe zu beobachtenden Gegenständen und der ohnehin nicht ganz scharfen Rechnungsmethode nur verlangen kann. Der Schweif des Cometen war also gegen die Mitte des Octobers über 12000000 Meilen lang, und diese ungeheure Länge durchflog der von dem Cometen sich absondernde Dunst in etwas mehr als 11 Tagen. Eine wirklich erstaunenswürdige Geschwindigkeit. Die Intension der auf die Schweifmaterie wirkenden Repulsivkraft der Sonne ist also, bei gleichem Abstande von der Sonne, ungleich grösser als die Attractionskraft, womit sie schwere Körpertheilchen an sich zieht.

Die letzten mir am 11. October noch kaum sichtbaren Theile des Schweifes waren von der Erde 1,68, von der Sonne 1,69 entfernt, die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne = 1,00 ge-
18 setzt. Bei der ungemein heitern Luft des so stürmischen 13. Oct. waren mir noch Theile erkennbar, die von der Erde 1,75, von der Sonne 1,79 abstanden. Allerdings trägt die grössere Entfernung von Sonne und Erde sehr viel dazu bei, diese äussersten Theile des Schweifes weniger hell und weniger sichtbar zu machen. Allein die dem Kopf des Cometen benachbarten Theile des Schweifes sind doch in weit grösserm Abstande von Erde und Sonne noch sehr augenfällig. Die Hauptursache des Unsichtbarwerdens der äussersten Schweiftheile muss also in der geringern Dichtigkeit, der grössern Zerstreuung dieser Theile liegen.

Es wäre ein Problem, eines grossen Geometers nicht unwürdig, die Figur des Cometen-Schweifes nach der Theorie zu bestimmen. Ehe indessen die Auflösung dieses Problems möglich oder nützlich werden kann, muss von den practischen Astronomen noch viel vorgearbeitet werden. Nimmt man an, dass die Repulsivkraft der Sonne umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes von ihr abnimmt, und abstrahirt ganz von den anziehenden und abstossenden Kräften des Cometenkerns, so wird jedes Dunstpartikelchen eine gegen die Sonne convexe Hyperbel beschreiben, in deren entferntem Focus die Sonne liegt. Diese Hyperbel hat nun mit der Bahn des Cometen an dem Puncte, wo das Schweiftheilchen den Cometen verlässt, eine gemeinschaftliche Tangente, und die tangentielle Geschwindigkeit des Dunstpartikelchens ist der des Cometen in diesem Puncte seiner Bahn gleich. Leicht würde sich hieraus die Bahn jedes Dunstpartikelchens berechnen und für jede Zeit der Ort desselben 19 angeben lassen, wenn das absolute Mass der Repulsivkraft der Sonne für irgend einen bestimmten Abstand bekannt wäre. Ich habe oben schon erwähnt und, wie ich glaube, erwiesen, dass diese Repulsivkraft der Sonne auf verschiedenartige sich von demselben Cometen entwickelnde Stoffe specific verschieden wirksam ist. Könnte sie denn nicht vielleicht auch auf einen Cometen überhaupt anders einwirken, als auf einen andern? Dies wird es sehr schwierig machen, das Mass dieser Repulsivkraft zu finden, und es gehören gewiss noch viele sorgfältige Beobachtungen über Cometen-Schweife dazu, hierin etwas gewisses oder auch nur wahrscheinliches festzusetzen.[1] Dann werden noch die perturbirenden Centralkräfte, die der Comet selbst auf die von ihm ausströmenden Dünste äussert und die hauptsächlich die Gestalt des Cometen-Schweifs bestimmen, mit in Rechnung gezogen werden müssen und die Auflösung jenes Problems nicht wenig erschweren.

Es sind also nicht immer dieselben Theilchen, die wir in dem Cometen-Schweife schimmern sehen. Nein! unaufhörlich entwickeln sich neue Stoffe von seinem Körper und seiner eigenthümlichen

---

1) Es dürfte sich indessen schon der Mühe verlohnen, die vorhandenen Beobachtungen über Cometen-Schweife näher zu untersuchen. Man findet viele zu dieser Untersuchung brauchbare Beobachtungen bei TYCHO, HEVEL, NEWTON, DE CHESEAUX, MESSIER u. a. m.

20 Atmosphäre, die mit erstaunenswürdiger Geschwindigkeit von dem Cometen abwärts strömen, um sich endlich in den weiten Himmelsraum zu verlieren. Nur in dem seiner Sonnennähe angränzenden Theile seiner Bahn findet diese Entwickelung statt. Aber so fein die den Schweif bildenden Stoffe auch sein, so wenig Masse der ganze Schweif in jedem Augenblick auch haben mag, so muss der Comet doch bei jedem Durchgange durch die Sonnennähe durch dies unaufhörliche Ausströmen einen beträchtlichen Verlust, wenigstens an der zur Schweifbildung zu modificirenden Materie erleiden. Denn von den einmal in den Schweif ausgeströmten Dünsten kann nur zufällig ein höchst geringer Theil wieder mit dem Cometen vereinigt werden, der diesen Schweifstoff hergab. Ob und wie die Cometen diesen Verlust in der langen Zeit, die sie in dem von der Sonne entfernten und vor ihrer Entwickelung[1]) gesicherten Theil ihrer weiten Laufbahn zubringen, wieder ersetzen mögen, wird wohl immer ein Räthsel bleiben. Es scheint indessen zu geschehen. Wenigstens hat man an dem Cometen von 1759 bei seinen öfteren Wiederkünften zu seiner Sonnennähe mit Zuverlässigkeit keine Abnahme bemerkt. War er gleich 1607 und 1759 weniger ansehnlich, als ihn ältere Beschreibungen erwarten liessen, so stimmen doch alle Beobachter darin überein, dass er sich 1682 in ganz vorzüglicher Pracht und Schönheit zeigte.

Die Form des Cometen-Schweifes und besonders der den Kopf bildenden Theile hat sich seit dem Monat September nach und nach 21 sehr verändert. Die Aeste des parabolischen Reifens wurden, zum Theil blos wegen der veränderten Lage des Schweifes gegen unsere Gesichtslinie, immer weniger divergirend. Die Wände des Dunstkegels wurden immer dicker und so die Helligkeit des parabolischen Reifens weniger von dem innern Raume verschieden. Die eigenthümliche Atmosphäre des Kerns schien mehr anzuschwellen und berührte späterhin fast jenen Reifen, so dass die ganze Erscheinung lange nicht mehr das Auffallende wie im Anfange hatte. Auch war der äussere Rand des Reifens schon von der letzten Hälfte des Septembers an weit weniger scharf abgeschnitten, als im Anfange der Erscheinung, sondern mit leichtem Dunst umgeben, der sich im

1) Einwirkung.

November, besonders an der linken (seiner wahren Bewegung nach vorgehenden) Seite, in einzelnen Streifen von 25′ bis 30′ Länge parabolisch von der Sonne abwärts krümmte. Es müssen sich also nach und nach noch sehr verschiedenartige Stoffe von dem Cometen abgesondert haben, auf die sowohl die Sonne, als auch der Comet selbst eine verschiedene Repulsivkraft äusserten. Doch von allen diesen hier umständliche Beschreibung zu geben, würde diesen ohnehin schon zu grossen Aufsatz noch mehr verlängern. Dieses zu vermeiden, habe ich mich auch hauptsächlich nur auf dasjenige beschränkt, was der Kopf des Cometen zeigte, und von der Gestalt und den merkwürdigen Veränderungen des übrigen Schweifs, von der verschiedenen Länge und Helligkeit der Aeste, von der winklichten Einbucht, die die rechte (nachfolgende) Seite des Cometen- 22 Schweifs hatte u. s. w. nichts erwähnt. Letztere hat man auch bei dem Cometen von 1744 wahrgenommen, und vielleicht passt auch DE CHESEAUX Erklärung dieser Einbucht mit einiger Abänderung auf unsern Cometen.

Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Cometen und dadurch veranlasste Bemerkungen.

Von

Bessel.

Astronomische Nachrichten. Februar 1836. Bd. XIII. 185—232.

---

185 Während der ersten Periode der Sichtbarkeit des HALLEY'schen Cometen entwickelte derselbe so auffallende Erscheinungen, dass es mir unmöglich war, ihnen meine Aufmerksamkeit zu versagen. Mit der Reihe der Beobachtungen über seine scheinbare Bewegung an der Himmelskugel wurde daher eine zweite verbunden, welche seine Beschaffenheit zum Gegenstande hatte. Die letztere erzeugte das Bedürfniss, die Wahrnehmungen in einen Zusammenhang zu bringen und sie insoweit zu erklären, dass ihre Möglichkeit übersehen werden konnte. Dieses war früher nicht geschehen und konnte nicht geschehen, weil die Kenntniss der Erscheinungen fehlte. Zur Zeit der Erscheinung des Cometen von 1811 hat uns OLBERS nicht nur eine Beschreibung des auffallend gestalteten Schweifes desselben, sondern auch eine Erklärung der Ursachen, welche verschiedene Formen der Cometen-Schweife erzeugen können, gegeben. Was ich jetzt hinzusetze, beruht theils auf neuen Beobachtungen, theils auf einer theoretischen Untersuchung der Bewegung der Theilchen, welche die Schweife der Cometen bilden. Einiges davon halte ich für hinreichend erwiesen, Anderes für Ansichten, welche weiterer Prüfung, durch sorgfältige Beobachtungen anderer Cometen, bedürfen.

Dadurch, dass ich auch das Letztere mittheile, beabsichtige ich nicht, meine Ansichten als begründete Wahrheit geltend zu machen.

Vielmehr beabsichtigte ich, durch eine durchgeführte Erklärung fühlbar zu machen, auf welche Gegenstände die Aufmerksamkeit bei ferneren Cometenerscheinungen zu richten ist. Ich glaube nämlich, dass wir weit brauchbarere Beobachtungen über die Beschaffenheit der Cometen besitzen würden, als wir wirklich besitzen, wenn eine Erklärung der Beobachtungen vorhanden gewesen wäre, an welche sich der Widerspruch oder die Bestätigung hätten halten können. Was mich selbst betrifft, so muss ich gestehen, dass meine Wahrnehmungen über die Beschaffenheit des HALLEY'schen Cometen grössere Vollständigkeit erhalten haben würden, wenn ich einen Versuch, wie den gegenwärtigen, zur Prüfung vor mir gehabt hätte.

Untersuchungen über die Beschaffenheit der Cometen gehören 186 mehr für die Physiker als für die Astronomen. Sie fallen aber den letzteren zu, weil diese sich vorzugsweise in dem Besitze stärkerer Fernröhre befinden. Es ist indessen bekannt geworden, dass Herr ARAGO, der den Besitz und die Eigenschaften des Astronomen mit denen des Physikers vereinigt, dem Cometen seine Aufmerksamkeit geschenkt hat. Dass ihm auch meine Beobachtungen bei seinen Erklärungen von Nutzen sein mögen, ist ein Wunsch, welcher die Beeilung ihrer Mittheilung vorzüglich veranlasst.

1.

Der Comet zeigte, von seiner ersten Wahrnehmung an, immer eine so starke Verdichtung seines Nebels an einer Stelle, welche ich im Folgenden den Kern nennen werde, dass sie zwar nicht das Ansehen eines festen Körpers hatte, aber doch ohne Schwierigkeit von dem sie umgebenden Nebel unterschieden werden konnte. So sah ich den Cometen bis zu den letzten Tagen des Septembers und auch noch am 1. October.

Am 2. October heiterte sich der früher bewölkte Himmel um 11 Uhr auf, und nun zeigte der Comet eine beträchtliche Veränderung seines Ansehens. Ich hatte das allerschwächste, nur 45mal vergrössernde Ocular im Fernrohre des Heliometers; damit erschien der Kern so glänzend, dass er das Ansehen eines Fixsterns der 6. Grösse hatte, und ich in der That glaubte, er stehe vor einem solchen Sterne und das Licht desselben scheine durch ihn hindurch.

Ich eilte indessen, die für die Lichtstärke des Fernrohrs zu schwache und fast nur zum Aufsuchen eines Gegenstandes anwendbare Vergrösserung mit einer 179maligen zu vertauschen. Mit dieser gesehen zeigte sich der Kern nicht mehr wie ein fester, heller Punkt, sondern als eine zwar stark zusammengedrängte, aber dennoch unbestimmt begrenzte Lichtmasse, deren Form etwas Merkwürdiges darbot, welches ich gleich näher beschreiben werde. Vorher habe ich 187 den Eindruck angeben wollen, welchen der Comet am 2. October machte, weil man dadurch ein Urtheil über die Grösse seiner Veränderung erhalten kann. Indessen sieht man einen Gegenstand am Himmel nicht unmittelbar, sondern immer durch die reinere, oder mit Dünsten gefülltere Luft: man darf also eine wahrgenommene Veränderung seiner Helligkeit nicht eher als ihm selbst angehörig ansehen, als bis man die Ueberzeugung erlangt hat, dass die Verschiedenheit der Durchsichtigkeit der Luft nicht zu ihrer Erklärung ausreicht. In dem gegenwärtigen Falle glaube ich zwar, dass der Glanz des Cometen am 2. October, vergleichungsweise mit den vorhergehenden Tagen, zu gross war, um ihn ganz durch die augenscheinlich stattfindende, vollkommene Heiterkeit der Luft erklären zu können, darf aber auch nicht unerwähnt lassen, dass der Himmel an den vorhergehenden, so wie an einigen folgenden Tagen, an welchen der Comet den Glanz des 2. Octobers gleichfalls nicht zeigte, sehr dunstig war. Da ich daher nicht mit Bestimmtheit angeben kann, ob das veränderte Ansehen des Cometen an diesem Tage zum Theil der grösseren Durchsichtigkeit der Luft zuzuschreiben ist, so muss ich unentschieden lassen, ob die grosse Vermehrung des Glanzes, welche am 2. October wahrgenommen wurde, zwischen dem 1. und 2., also sehr schnell, entstanden ist, oder ob sie sich nach und nach eingefunden hat und nur am 2. zuerst sichtbar geworden ist. Wäre das erstere entschieden, so würde damit ausser Zweifel gesetzt sein, dass der Comet selbst eine plötzliche Veränderung erlitten, entweder eigenes Licht entwickelt hätte, oder durch stärkere Verdichtung fähiger geworden wäre, das Sonnenlicht kräftig zurückzuwerfen. Denn die Aenderung des Ortes des Cometen gegen die Erde und die Sonne war zwischen dem 1. und 2. October zu unbedeutend, um eine so grosse Aenderung des Ansehens, wie die wahrgenommene, daraus erklären zu können.

Die schon erwähnte Merkwürdigkeit, welche der Comet zeigte, bestand in einer Ausströmung der Lichtmaterie aus dem Kerne, welche einen Kreissector von etwa 90^0 bildete, beiläufig der Sonne zugekehrt war und bis auf $12-15''$ Entfernung von dem Mittelpunkte, von dem nebligen Grunde, auf welchem sie lag, unterschieden werden konnte. Die erste der zwölf Zeichnungen, welche ich diesem Aufsatze beilege, zeigt das Ansehen des Kopfes des Cometen; sie ist durch eine Linie abgeschnitten, welche senkrecht auf der Richtung von der Sonne nach dem Cometen steht, so dass die Sonne lothrecht über dem Kerne des Cometen angenommen werden muss. Ebenso sind die übrigen Zeichnungen zu verstehen. Die Ausdehnung des Nebels konnte, trotz des Mondscheins, bis auf 2 bis 3 Minuten von dem Mittelpunkte verfolgt werden. Ein Versuch, den Positionswinkel der Axe der Ausströmung zu messen, ergab ($12^h\ 42'$ M. Z.) $87^0\ 50'$; allein diese Angabe kann, 188 bei der Unbestimmtheit des Ansehens der Erscheinung, nur als eine unvollkommene Annäherung betrachtet und vielleicht nur bis auf 5^0 verbürgt werden.

Am 3. October war es trübe, am 4. nur dunstig. Der Comet erschien weit weniger glänzend als am 2., hatte auch, selbst bei der schächsten Vergrösserung des Instruments, nicht das Ansehen eines Fixsterns; von der Ausströmung konnte ich nichts bemerken. Am 5. erschien der Comet, bei noch unreinerem Himmel, noch unscheinbarer und gleichfalls ohne Ausströmung. Am 8. October heiterte es sich wieder auf. Der Comet glänzte wieder so lebhaft, dass sein Kern noch mit 120maliger Vergrösserung fest erschien und erst durch noch stärkere Vergrösserungen dieses Ansehen verlor. Die Ausströmung war stärker geworden als am 2., der Winkel ihrer Ränder kleiner, etwa 45^0; ich konnte sie bis zu $15-20''$ Entfernung von dem Mittelpunkte, von dem hellen Grunde unterscheiden, auf welchem sie lag. Ihren Positionswinkel fand ich ($11^h\ 53'$ M. Z.) $= 135^0\ 20'$, jedoch mit kaum grösserer Sicherheit als am 2. Ihre Begrenzung auf der rechten Seite war merklich gekrümmt. Auch war der den Kern umgebende Nebel auf dieser Seite heller als auf der andern. Alle diese Umstände werden durch die Zeichnung anschaulich gemacht.

Die nächste heitere Nacht war die des 12. Octobers. Der Comet

war in seiner Erdnähe und erschien, mit blossen Augen gesehen, heller als die Sterne der zweiten Grösse im grossen Bären. Die Ausströmung war grösser und lebhafter geworden, wie die vier, das Ansehen des Cometen in dieser Nacht darstellenden Figuren zeigen. Ich konnte sie bis über 30″ von dem Mittelpunkte verfolgen. Ihre Krümmung nach der rechten Seite war auffallender als am 8. Der Kern des Cometen und seine Ausströmung gewährten das Ansehen einer brennenden Rakete, deren Schweif durch Zugwind seitwärts abgelenkt wird. Wenn man die Krümmung an der rechten Seite wegdenkt, so mochten die beiden Begrenzungen der Ausströmung einen Winkel von 30° miteinander machen. Da die Nacht heiter blieb, so konnte ich den Cometen 9 Stunden lang, von dem Untergange der Sonne bis gegen 3 Uhr Morgens, verfolgen. Sein Ansehen blieb sich während dieser Zeit nahe gleich und erlitt keine wesentliche Aenderung, ausser einer Verminderung des Unterschiedes der Helligkeiten des Kerns und des ihm nächsten Theiles der Ausströmung; dieser war Anfangs beträchtlich genug, um beide gehörig unterschieden darzustellen; zur Zeit der letzten Beobachtung aber war er kleiner geworden, so dass ich bei einer um diese Zeit gemachten Ortsbestimmung einige Schwierigkeit fand, den Mittelpunkt von dem Anfange der Ausströmung zu unterscheiden. Die Richtung 189 aber, in welcher die Ausströmung erschien, erfuhr während dieser Nacht desto grössere Aenderungen, wie folgende Messungen ihres Positionswinkels zeigen:

6^h 5′ M. Z.		208° 6′
10 34		222 20
12 40		233 58
14 24		250 23.

Da die Ausströmung heute bestimmter erschien als früher, so sollten diese Messungen auch grössere Sicherheit besitzen als die früheren; ich halte sie in der That für sicherer, allein die Krümmung der Ausströmung an der rechten Seite erschwerte die Beurtheilung der Lage ihrer Axe so sehr, dass ich den Positionswinkeln doch eine Unsicherheit von mehreren Graden zuschreiben muss. Das was man, unter schwächeren Vergrösserungen, für einen festen Kern des Cometen hätte halten konnen, würde ich versucht haben zu messen, wenn die Begrenzungen desselben, bei der Anwendung stärkerer Vergrösserungen,

nicht gänzlich unbestimmt geworden wären: mit 179mal. Vergr. würde ich vielleicht einen Durchmesser von 2 bis 3″ haben messen können, wenn ich das, was noch beträchtlich hell erschien, hätte messen wollen; eine 290mal. Vergr. vernichtete aber jeden Schein eines festen Körpers und zeigte, dass eine Grössenangabe völlig willkürlich gewesen sein würde.

Am 13. October waren die ersten Stunden des Abends heiter und der Comet zeigte sich mit dem gestrigen Glanze, aber von ganz veränderter Beschaffenheit. Eine auf beiden Seiten begrenzte Ausströmung war nicht mehr vorhanden; statt ihrer lag eine unbegrenzte Masse von Lichtmaterie links von dem Mittelpunkte, so wie die Zeichnung sie darstellt. Die Lage derselben konnte ich nur ganz beiläufig schätzen, indem ihre Unbestimmtheit alles Messen unmöglich machte: ihr hellster Theil ging (7^h M. Z.) nördlich vor dem Mittelpunkte des Cometen voran, so dass sein Positionswinkel grösser als 270° war; ich glaube, dass er kleiner gewesen ist als 290° und bin daher der Meinung, dass seine Annahme = 280° nicht viel von der Wahrheit abweichen wird. Die Lichtmaterie schien sich in grösserer Menge als gestern auf der Sonnenseite angehäuft zu haben; auf der rechten Seite war wieder mehr derselben vorhanden als auf der linken. Da der Himmel ausgezeichnet heiter und der Mond abwesend war, so ist nicht der geringste Zweifel an der Wirklichkeit der wahrgenommenen grossen Veränderung des Cometen vorhanden.

Der 14. October gewährte nur eine heitere Viertelstunde, aber eine ausgezeichnet heitere; sie reichte hin, neue, grosse Veränderungen des Cometen zu zeigen und die Zeichnung zu entwerfen. Die Ausströmung hatte sich nicht nur wieder hergestellt, sondern war weit lebhafter und stärker geworden als am 12.; ich konnte 190 sie noch in 45″ Entfernung von dem Mittelpunkte unterscheiden. Dagegen hatte der Glanz des Kerns abgenommen, so dass er schon unter 90maliger Vergrösserung das Ansehen der Festigkeit verlor. Die Krümmung der Grenzen der Ausströmung zeigte sich heute an beiden Seiten; an der rechten war der ausströmende Kegel aber heller als an der linken. Der Positionswinkel seiner Axe konnte ziemlich genau beobachtet werden und fand sich (7^h 14′ M. Z.) = 222° 25′.

Am 15. October war der Comet weit weniger hell als gestern; die Ausströmung war schlecht begrenzt, so wie die Zeichnung sie darstellt. Ihren Positionswinkel fand ich (6^h 45′ M. Z.) = 176° 55′, kann aber diese Bestimmung, bei der schlechten Begrenzung des Gegenstandes, nur als eine bis auf mehrere Grade unsichere Annäherung ansehen. Die Richtung des Schweifes des Cometen ging (6^h 56′ M. Z.) fast auf γ Draconis zu, etwa einen halben Grad links bei dem Sterne vorbei. Von einer Krümmung des Schweifes, welchen ich bis zu der halben Entfernung des Sterns von dem Cometen sicher verfolgen konnte, zuweilen aber bis fast an den Stern reichen zu sehen glaubte, konnte ich nichts Bestimmtes bemerken. Die angeführte Schätzung seiner Richtung bezieht sich auf den Punkt seiner Axe, welcher in der Mitte zwischen dem Cometen und dem Sterne lag.

Am 20. October war von der Ausströmung nur eine schwache Spur zu sehen, deren Richtung ich nicht bestimmen konnte, weil sie zu undeutlich war. Die Lichtmaterie schien ausgedehnter und gleichförmiger vertheilt zu sein als früher. So wenig diese Umstände der Erläuterung durch eine besondere Zeichnung werth sind, so theile ich diese doch mit, damit das Verhalten des Cometen, vergleichungsweise mit dem früheren und späteren, anschaulich werde. Sie dient übrigens nur, das Ansehen der Ausströmung zu versinnlichen; die Richtung derselben ist willkürlich gezeichnet, da ich eben so wenig eine Schätzung als eine Beobachtung derselben gemacht habe.

Am 22. October war der Comet sehr glänzend und glich, mit blossen Augen gesehen, wenigstens den Sternen der dritten Grösse. Die Ausströmung war lebhafter als je, hatte aber ihre Form wieder gänzlich geändert und erschien der Zeichnung gemäss; sie hatte eine beträchtliche Krümmung nach beiden Seiten angenommen und ihre Helligkeit war durchaus viel gleichförmiger als früher. Ihre äussere Begrenzung ging an beiden Seiten über einen Kreisbogen von etwa 30″ Halbmesser (mit welchem sie in ihrem Scheitel zusammenfiel) hinaus und mochte also etwa parabolisch gekrümmt sein; die Entfernung jedes ihrer Enden von dem Mittelpunkte des 191 Cometen betrug 35″. Den Positionswinkel ihrer Mittellinie fand ich (6^h 3′) = 270° 20′; offenbar mit sehr geringer Sicherheit, indem

das, was ich für die Mittellinie annehmen konnte, dem Anblicke der Zeichnung zufolge nothwendig sehr unbestimmt sein musste. Die Richtung des Schweifes ging (7^h 28′ M. Z.) auf σ Ophiuchi zu; die Länge desselben konnte ich nur bis auf die Hälfte der Entfernung des Cometen von diesem Sterne verfolgen.

Am 25. October, als es sich wieder sehr schön aufheiterte, war der Kern des Cometen so glänzend, dass man ihn, als die Dämmerung den Nebel noch fast unsichtbar machte, mit der schwächsten Vergrösserung des Heliometers für einen Fixstern hätte halten können. Die schöne Figur der Ausströmung, welche am 22. sichtbar gewesen war, war verschwunden und man sah, statt derselben, nur schwächere Lichtanhäufungen auf beiden Seiten des Mittelpunktes, welche ich in der Zeichnung dargestellt habe. Den Positionswinkel der auf diese Anhäufungen senkrecht stehenden Linie fand ich (6^h 7′ M. Z.) $= 252^0$, was aber nur als eine beiläufige Schätzung angesehen werden kann.

Am 28. October sah ich den Cometen nur in den Dünsten des Horizonts, durch welche hindurch ich nichts Eigenthümliches bemerken konnte. Am 29. war sein Ansehen beinahe wie am 25., nur noch weniger bestimmt, wie auch der niedrige Stand des Cometen nicht anders erwarten liess. Später habe ich ihn nur noch am 8. November gesehen, allein nichts Merkwürdiges mehr an ihm wahrnehmen können.

In den gegebenen Beschreibungen habe ich nicht immer wiederholt, dass die rechte Seite des den Mittelpunkt umgebenden Nebels fortwährend heller war als die linke. Auch habe ich einiger anderen Eigenthümlichkeiten, welche immer hätten wiederholt werden müssen, nicht gedacht; auf der von der Sonne abgewandten Seite des Mittelpunkts schien weniger Lichtmaterie vorhanden zu sein, als auf der ihr zugewandten; auch trat in die Krümmung des Nebels auf der Sonnenseite eine dunklere Stelle etwas hinein, so dass sein Umfang nicht gleichförmig convex erschien. Beides habe ich in den Zeichnungen wiederzugeben gesucht; allein ich muss bemerken, dass die vergleichungsweise beträchtliche Helligkeit des Kerns und seiner Ausströmung den Grund, auf welchem beide lagen, wahrscheinlich dunkler haben erscheinen lassen, als er in der Wirklichkeit gewesen ist; die erwähnte Unterbrechung der Krümmung der

Begrenzung des Nebels am Scheitel war sehr wenig auffallend. Endlich führe ich noch an, dass mir zuweilen einige Richtungen von dem Kerne aus, mehr Nebel zu enthalten schienen, als andere; ich habe aber wenig Aufmerksamkeit darauf verwandt, da ich sie 192 für geringfügige Modificationen der Helligkeit halte, deren ich überdies nicht ganz sicher werden konnte.

2.

Das Merkwürdigste, was der Comet gezeigt hat, ist ohne Zweifel die drehende oder schwingende Bewegung des ausströmenden Lichtkegels, welche sich sowohl zwischen den zusammenhängenden Beobachtungen in der Nacht des 12. Octobers, als auch zwischen den vereinzelten der übrigen Tage findet. Aehnliches hat man früher nie wahrgenommen; was aber weniger beweist, dass es bei anderen Cometen nicht sichtbar gewesen sei, als dass man es nicht beachtet hat.

Um diese Erscheinung unter eine Uebersicht zu bringen, werde ich zuerst die beobachteten Positionswinkel der Axe der Ausströmung zusammenstellen und jedem derselben den Positionswinkel des von dem Cometen nach der Sonne gezogenen grössten Kreises, so wie auch den Unterschied beider, oder den Winkel zwischen den Richtungen der Sonne und der Ausströmung, beschreiben.

	M. Z.	Positionswinkel der Ausströmung.	Positionswinkel der Sonne.	Unterschied.
Octbr. 2	12^h 42′	87° 50′	95° 41′6	— 7° 52′
8	11 53	135 20	116 10,8	+ 19 9
12	6 5	208 6	189 13,6	+ 18 52
	10 34	222 20	192 53,3	+ 29 27
	12 40	233 58	194 32,0	+ 39 26
	14 24	250 23	195 51,9	+ 54 31
13	7 0	280 0	207 9,3	+ 72 51
14	7 14	222 25	219 51,3	+ 2 34
15	6 45	176 55	229 2,5	— 52 8
22	6 3	270 20	253 36,0	+ 16 44
25	6 7	252 0	256 17,6	— 4 18

Es geht hieraus hervor, dass der ausströmende Lichtkegel sich von der Richtung nach der Sonne, sowohl rechts als links, beträchtlich entfernt hat, immer aber wieder zu dieser Richtung zurückgekehrt ist, um auf die andere Seite derselben überzugehen. Es war ein glücklicher Umstand, dass der Comet am 12. October anhaltend beobachtet und dadurch die Art der Bewegung deutlich erkannt werden konnte: am Anfange dieser Nacht fand sich die Ausströmung schon merklich links von der Richtung nach der Sonne und im Verlaufe derselben bewegte sie sich noch beträchtlich mehr links; am 13. zeigte sie sich noch weiter auf diese Seite gegangen; am 14. war sie beinahe zu der Richtung nach der Sonne zurückgekehrt und am 15. hatte sie sich bedeutend nach der rechten Seite bewegt. Es tritt nun die Aufgabe hervor, die Axe, um welche der ausströmende Lichtkegel sich drehte, aus den Beobachtungen zu erkennen.

Ich werde daher die Verbindung aufsuchen, in welcher die Elemente der Drehung der Axe des ausströmenden Lichtkegels und 193 der Positionswinkel, in welchem diese Axe sich zeigt, zu einander stehen. Legt man von dem Mittelpunkte des Cometen gerade Linien in den Richtungen der Drehungsaxe, der Axe der Ausströmung und der Erde, und bezeichnet man die diesen Richtungen entsprechenden Punkte der Himmelskugel durch A, B, C, so ist die Seite AB des sphärischen Dreiecks ABC, der Winkel zwischen der Drehungsaxe und der Axe der Ausströmung (θ); die Seite AC ist die Entfernung (S) der Erde von dem Pole der Drehung; die Seite BC ist die Entfernung (T) der Erde von der Axe der Ausströmung. Ferner ist der Winkel A der Winkel zwischen zwei durch die Drehungsaxe gelegten Ebenen, deren eine durch die Axe der Ausströmung, die andere durch die Erde geht; oder, wenn der Winkel der ersten Ebene mit der Ebene des Declinationskreises der Drehungsaxe, von dem Nordpole des Aequators an gezählt, durch u bezeichnet wird, der Positionswinkel des von dem Cometen gesehenen Ortes der Erde an dem Pole der Drehung, durch P', so ist $A = u - P'$. Endlich ist C der Winkel zwischen zwei durch den Cometen und die Erde gelegten Ebenen, deren eine durch die Drehungsaxe, die andere durch die Axe der Ausströmung geht; oder wenn der Positionswinkel des Poles der Drehung an dem geocentrischen Orte des Cometen durch P bezeichnet wird, der Positionswinkel, in welchem

die Axe der Ausströmung erscheint, durch p, so ist $C = P - p$. Man hat also durch die Formeln der sphärischen Trigonometrie:

$$\begin{aligned} \cos T &= \cos S \cos \theta + \sin S \sin \theta \cos (u - P') \\ \sin T \cos (P - p) &= \sin S \cos \theta - \cos S \sin \theta \cos (u - P') \\ \sin T \sin (P - p) &= \sin \theta \sin (u - P'). \end{aligned}$$

Wenn man in der Axe der Ausströmung, in der Entfernung r von dem Mittelpunkte des Cometen, einen Punkt annimmt, wenn man die Entfernungen des Cometen und dieses Punktes von der Erde durch ϱ und ϱ' bezeichnet, sowie den Winkel, unter welchem r erscheint, durch s, so hat man

$$\begin{aligned} \varrho' \cos s &= \varrho - r \cos T \\ \varrho' \sin s &= r \sin T, \end{aligned}$$

also auch:

$$\begin{aligned} \varrho' \cos s &= \varrho - r (\cos S \cos \theta + \sin S \sin \theta \cos (u - P')) \\ \varrho' \sin s \cos (P - p) &= r (\sin S \cos \theta - \cos S \sin \theta \cos (u - P')) \\ \varrho' \sin s \sin (P - p) &= r \sin \theta \sin (u - P'). \end{aligned}$$

Durch diese Formeln wird die gesuchte Verbindung gegeben. Wenn man die geocentrische Geradeaufsteigung und Abweichung des Cometen durch α und δ bezeichnet, die Geradeaufsteigung und Abweichung des Poles der Drehung durch A und D, so erhält man zur Bestimmung von S, P und P' die Formeln:

194

$$\begin{aligned} \cos S &= - \sin \delta \sin D - \cos \delta \cos D \cos (A - \alpha) \\ \sin S \cos P &= \cos \delta \sin D + \sin \delta \cos D \cos (A - \alpha) \\ \sin S \sin P &= \cos D \sin (A - \alpha) \\ \sin S \cos P' &= - \sin \delta \cos D + \cos \delta \sin D \cos (A - \alpha) \\ \sin S \sin P' &= - \cos \delta \sin (A - \alpha) \end{aligned}$$

oder die Gaussischen trigonometrischen Formeln:

$$\begin{aligned} \sin \tfrac{1}{2} S \sin \tfrac{1}{2} (P + P') &= \sin \tfrac{1}{2} (A - \alpha) \sin \tfrac{1}{2} (D + \delta) \\ \sin \tfrac{1}{2} S \cos \tfrac{1}{2} (P + P') &= - \cos \tfrac{1}{2} (A - \alpha) \cos \tfrac{1}{2} (D - \delta) \\ \cos \tfrac{1}{2} S \sin \tfrac{1}{2} (P - P') &= - \sin \tfrac{1}{2} (A - \alpha) \cos \tfrac{1}{2} (D + \delta) \\ \cos \tfrac{1}{2} S \cos \tfrac{1}{2} (P - P') &= - \cos \tfrac{1}{2} (A - \alpha) \sin \tfrac{1}{2} (D - \delta) \end{aligned}$$

Diese Formeln sind geeignet zur Vergleichung willkürlicher Annahmen über die Richtung der Drehungsaxe mit den Beobachtungen des Positionswinkels der Axe der Ausströmung. Da hier r,

vergleichungsweise mit ϱ, sehr klein ist, so kann man $\varrho' = \varrho$ setzen; bezeichnet man die perspectivische Verkürzung von r durch n, oder setzt man

$$\sin s = n \cdot \frac{r}{\varrho}$$

so hat man zur Erkennung dieser Verkürzung und des Positionswinkels:

$$n \cos (p - P) = \quad \sin S \cos \theta - \cos S \sin \theta \cos (u - P')$$
$$n \sin (p - P) = - \sin \theta \sin (u - P').$$

3.

Ich werde die Beobachtungen zuerst mit der Annahme vergleichen, dass die Ausströmung sich in der Ebene der Bahn des Cometen drehe, oder Schwingungen um eine Axe mache, welche senkrecht auf dieser Ebene steht. Bezeichnet man den Ort des aufsteigenden Knotens der Bahn auf dem Aequator durch N, ihre Neigung gegen den Aequator durch J, so wird also

$$A = N - 90^0, \; D = 90^0 - J$$

angenommen.

Nach den von Herrn Professor Rosenberger aus der Erscheinung des Cometen im Jahre 1759 abgeleiteten und von ihm, durch die Störungsrechnungen, auf die jetzige Zeit reducirten Elementen, von welchen ich (A. N. Nr. 293) gezeigt habe, dass sie der jetzigen Erscheinung noch sehr nahe entsprechen, wenn man die Durchgangszeit durch das Perihel

= Nov. 15,94984 (Pariser Merid.)

annimmt, sind die Knotenlänge und Neigung, bezogen auf die Ecliptik und den wahren Nachtgleichenpunkt des 12. Octobers

$$55^0\ 11'\ 3''\ 7 \text{ und } 162^0\ 16'\ 35''\ 4,$$

welche Annahme, mit der wahren Schiefe der Ecliptik = 23° 27′ 43″ 3 verbunden,

$$N = 131^0\ 19'\ 50''\ 8, \; J = \quad 160^0\ 33'\ 32''\ 4,$$

also

195

$$A = \quad 41^0\ 19'\ 50''\ 8, \; D = - \quad 70^0\ 33'\ 32''\ 4$$

ergiebt. Die ferner zu der Vergleichung der Beobachtungen nothwendigen geocentrischen Oerter des Cometen für die Zeiten meiner Beobachtungen habe ich aus denselben Elementen berechnet und theile sie hier zugleich mit den Oertern der Sonne mit.

M. Z. Paris	Lg. Entf. Comet ♁	Des Cometen. AR.	Des Cometen. Decl.	Der Sonne. AR.	Der Sonne. Decl.
Oct.					
2,47871	9,64004	102° 50′ 51″	+41° 17′ 1″	188° 18′ 0″	— 3° 35′ 6″
8,44469	9,39190	130 34 59	58 24 30	193 44 17	— 3 53 6
12,20302	9,27100	205 38 57	57 44 48	197 11 44	— 7 18 43
12,38982	9,27043	209 5 2	56 24 58	197 22 6	— 7 22 56
12,47732	9,27039	210 36 31	55 45 39	197 26 57	— 7 24 54
12,54955	9,27038	211 49 47	55 12 25	197 30 57	— 7 26 32
13,24126	9,27646	221 51 14	49 26 8	198 9 21	— 7 42 8
14,25094	9,30033	232 5 38	40 29 7	199 5 32	— 8 4 48
15,23080	9,33604	238 43 42	32 21 54	200 0 11	— 8 26 41
22,20163	9,63440	255 8 25	2 19 40	206 33 9	—10 58 47
25,20441	9,73284	257 12 22	— 2 45 6	209 24 51	—12 1 59

Hieraus folgen die in den Formeln vorkommenden Grössen:

	s	P	P'
Octbr. 2	59° 48′7	199° 47′0	130° 10′1
8	36 46,7	213 46,2	128 58,1
12	14 25,3	201 10,5	35 23,5
	15 5,6	195 43,9	26 46,9
	15 30,8	193 23,2	23 2,3
	15 54,4	191 33,8	20 6,2
13	21 7,5	179 31,0	359 3,4
14	30 34,8	172 58,9	343 47,3
15	39 21,3	171 2,6	336 36,5
22	71 39,9	168 44,9	324 8,8
25	77 2,9	168 27,3	323 5,2

Indem in der Voraussetzung der Schwingung der Ausströmung in der Ebene der Bahn des Cometen, welche hier verfolgt wird,

$\theta = 90^0$ ist, so verwandeln sich die Formeln am Ende des vorigen Art. in

$$n \cos(p - P) = -\cos(u - P') \cos S$$
$$n \sin(p - P) = -\sin(u - P').$$

Ich habe in denselben für p sowohl den beobachteten, als auch den die Richtung der Sonne angebenden Werth gesetzt, also für u zwei Werthe erhalten, deren einer sich auf die Axe der Ausströmung bezieht, der andere $u^{(\circ)}$ auf die Richtung nach der Sonne. Der Unterschied beider ist der Winkel, welchen die Axe der Ausströmung mit dem Radiusvector einschloss.

	u	u°	$u-u^{\circ}$	n
Octbr. 2	181° 27′6	193° 38′6	−12° 11′	0,841
8	223 17,8	199 31,3	+23 47	0,989
12	222 6,0	203 48,6	+18 17	0,969
	232 35,2	204 2,2	+28 33	0,972
	242 30,4	204 8,6	+38 22	0,977
	257 55,4	204 14,4	+51 41	0,989
13	280 16,5	205 5,3	+75 11	0,998
14	208 57,0	206 22,5	+ 2 35	0,933
15	162 19,6	207 39,8	−45 20	0,773
22	267 14,3	218 9,9	+49 3	0,855
25	206 18,1	223 27,2	−17 9	0,898

196

Einige Aufmerksamkeit auf das Fortschreiten der Werthe von $u - u^{\circ}$ (des Winkels zwischen der Ausströmung und dem Radiusvector des Cometen, positiv genommen, wenn die erstere, der Richtung der Bewegung nach, vor dem Cometen voraus ist) zeigt, dass dieselben sich durch eine schwingende Bewegung der Ausströmung, deren Periode 4,6 Tage und deren Ausdehnung 60° beträgt, einigermassen erklären lassen. Zählt man die Zeit t von Oct. 14,2825 an, so ist die Formel, welche diese Erklärung gewährt:

$$u = u^{0} - 60^{0} \sin\left\{t \cdot \frac{360^{\circ}}{4,6}\right\}$$

Wie sie die Beobachtungen der Positionswinkel darstellt, sieht man aus der folgenden Vergleichung der aus ihr berechneten und

der beobachteten Winkel der Ausströmung mit der Richtung der Sonne.

	Rechn.	Beobacht.	Untersch.
Octbr. 2	— 17° 31′	— 7° 52′	— 9° 39′
8	+ 41 36	+ 19 9	+ 22 27
12	+ 18 19	+ 18 52	— 0 33
	+ 32 36	+ 29 27	+ 3 9
	+ 38 29	+ 39 26	— 0 57
	+ 42 52	+ 54 31	— 11 39
13	+ 58 3	+ 72 51	— 14 48
14	+ 2 34	+ 2 34	0 0
15	— 66 36	— 52 8	— 14 28
22	+ 21 31	+ 16 44	+ 4 47
25	— 7 41	— 4 18	— 3 23

Ein Theil dieser Unterschiede kann unbedenklich der unvermeidlichen Unsicherheit der Beobachtungen einer so unbestimmten Erscheinung, wie die Ausströmung meistentheils war, zugeschrieben werden. Ich glaube, dass man dieses am 15. Oct. thun könnte, wo die Unbestimmtheit sehr gross war. Die Beobachtung vom 13. Oct. hätte eigentlich nicht in die Reihe der zu vergleichenden gestellt werden sollen, indem der zu beobachtende Gegenstand, nämlich die Ausströmung selbst, nicht vorhanden war und statt ihrer etwas anderes, eine Anhäufung von Lichtmaterie, genommen wurde. Die letzte Beobachtung vom 12. wird jedenfalls nicht viel gegen die Richtigkeit einer Formel beweisen, mit welcher drei andere Beobachtungen desselben Tages, soweit ihre eigene Sicherheit erfordert, übereinstimmen. Allein die Beobachtung vom 8. October halte ich für entschieden abweichend von der Formel und würde sie für einen Beweis der Unrichtigkeit derselben ansehen, wenn ich mich für be- [197] rechtigt hielte, die völlige Beständigkeit der Periode und Ausdehnung der Schwingungen zu fordern. Uebrigens kann man zur theoretischen Rechtfertigung der Formel nichts weiter anführen, als dass sie eine Annäherung an jede Pendelbewegung gewährt und unter den periodischen Formeln die einfachste ist.

4.

Obgleich die beobachteten Bewegungen der Ausströmung sich auf diese Art, d. h. dadurch, dass man eine schwingende Bewegung in der Ebene der Bahn des Cometen als ihre Ursache annimmt, so gut erklären lassen, als man zu erwarten sich berechtigt halten kann, so schien es mir doch nothwendig, auch zu versuchen, was sich durch die zweite Art der drehenden Bewegung um die Richtung von dem Cometen nach der Sonne, leisten lassen würde. Ich habe also eine zweite Vergleichung der Beobachtungen mit der Annahme gemacht, die Axe der Ausströmung durchschneide den Radiusvector in einem beständigen Winkel und drehe sich gleichförmig um denselben. Es ist offenbar, dass beide Annahmen genau dasselbe leisten würden, wenn die Erde in der, senkrecht auf die Ebene der Bahn des Cometen, durch die Sonne gelegten Ebene stände und wenn dieses sich, während der Dauer der Beobachtungen, eben so wenig änderte, als der Winkel zwischen dem Radiusvector und der von dem Cometen nach der Erde gelegten geraden Linie. Sie leisten aber nicht dasselbe, wenn dieses nicht der Fall ist. Bei unserem Cometen muss der Unterschied beträchtlich sein, indem die Bewegung desselben in Beziehung zur Erde, während der Dauer der Beobachtungen, sehr gross war.

In der Annahme, welche jetzt verfolgt werden soll, ist der aus dem Cometen gesehene Ort der Sonne der jedesmalige Pol der Drehung. Ich werde ihn zuerst angeben:

M. Z. Paris	Log. Entf. Comet ⊙	*A*	*D*
Oct. 2,47871	0,03498	206° 53′ 37″	— 18° 52′ 16″
8,44469	9,99656	200 43 36	— 18 16 57
12,20302	9,97088	196 15 12	— 17 43 44
12,38982	9,96958	196 1 5	— 17 41 47
12,47732	9,96896	195 54 25	— 17 40 52
12,54955	9,96846	195 48 54	— 17 40 7
13,24126	9,96359	194 55 43	— 17 32 37
14,25094	9,95643	193 35 40	— 17 20 56
15,23080	9,94942	192 15 44	— 17 8 42
22,20163	9,89802	181 29 8	— 15 10 13
25,20441	9,87555	176 7 33	— 13 57 55

Hieraus und aus den im 3. Art. angeführten geocentrischen Oertern des Cometen folgen:

198

	S		P		P'	
Octbr. 2	67°	17'8	95°	41'6	232°	12'4
8	84	21,6	116	10,8	209	40,8
12	104	7,2	189	13,6	174	50,7
	105	4,6	192	53,3	172	33,5
	105	30,7	194	32,0	171	28,8
	105	52,0	195	51,9	170	34,8
13	108	53,7	207	9,3	161	51,9
14	111	59,8	219	51,3	149	17,6
15	113	27,7	229	2,5	138	7,3
22	105	5,5	253	36,0	96	32,5
25	99	19,1	256	17,6	89	27,9

Die Verfolgung dieser Annahme hat gezeigt, dass sie alle Beobachtungen auch nur näherungsweise darzustellen nicht geeignet ist: jede Annahme des Winkels der Ausströmung mit dem Radiusvector, welche den Beobachtungen vom 12., 14. und 15. October einigermassen entspricht, entfernt sich beträchtlich von den früheren und späteren. Nimmt man z. B. $\theta = 55^0$ und $u = 70^0\, t$, wo t die von Oct. 12,1557 an gezählte Zeit bedeutet, so erhält man folgende Vergleichung zwischen der Rechnung und den Beobachtungen des Winkels der Ausströmung mit der Richtung nach der Sonne:

	Rechnung.		Beobacht.		Untersch.		n
Octbr. 2	— 9°	13'	— 7°	52'	— 1°	21'	0,852
8	+ 52	16	+ 19	9	+ 33	7	0,975
12	+ 18	35	+ 18	52	— 0	17	0,378
	+ 42	41	+ 29	27	+ 13	14	0,488
	+ 49	10	+ 39	26	+ 9	44	0,558
	+ 52	54	+ 54	31	— 1	37	0,618
13	+ 57	19	+ 72	51	— 15	32	0,971
14	+ 2	34	+ 2	34	0	0	0,839
15	— 53	8	— 52	8	— 1	0	0,998
22	+ 58	2	+ 16	44	+ 41	18	0,887
25	— 56	6	— 4	18	— 51	48	0,958

Diese Annahme weicht am 8., 22., 25. October sehr beträchtlich von der Beobachtung ab; andere Annahmen von θ und u geben keinen besseren Erfolg. Die Vergleichung beider Hypothesen fällt also zum Vortheile der ersteren aus. Allein es sind noch andere Gründe vorhanden, welche der Schwingung der Ausströmung in der Ebene der Bahn günstig sind.

Der eine derselben beruhet auf der Ausdehnung, in welcher der ausströmende Lichtkegel am 12. und 14. October gesehen wurde. An diesen Tagen befand er sich ziemlich nahe in der durch die Erde, den Cometen und die Sonne gelegten Ebene; zwischen beiden lag etwa eine halbe Periode von u, oder eine Aenderung dieses Arguments von 180°. In der ersten Hypothese hat diese Aenderung keinen Einfluss auf die perspectivische Verkürzung; in der anderen erzeugt sie beträchtliche Verschiedenheiten der Verkürzungen, welche ich in der That eben = 0,378 und 0,839 gefunden habe. Berücksichtigt man auch die Aenderung der Entfernung des Cometen von der Erde, und setzt man die Ausdehnung, in welcher 199 die Ausströmung zur Zeit der ersten Beobachtung des 12. Octobers gesehen sein würde, wenn sie senkrecht auf der Gesichtslinie gestanden hätte, = s, so erhält man ihre scheinbaren Ausdehnungen, unter der Voraussetzung ihres wirklichen Gleichbleibens:

Hypothese	I.	II.
Octbr. 12.	0,969.s	0,378.s
14.	0,872.s	0,784.s

Am 12. October konnte ich die Ausdehnung über 30″ weit von dem Mittelpuncte verfolgen, am 14. bis auf 45″; an jenem Tage schien der Mond sehr hell, an diesem war er abwesend und der Himmel ausgezeichnet heiter. Ohne diese Verschiedenheit der äusseren Umstände müsste ich einen geringeren Unterschied der beobachteten Ausdehnungen gefunden haben. Die wahre Grösse der Ausströmung selbst, war dagegen wahrscheinlich am 14. beträchtlicher als am 12.; denn die Beobachtungen zeigen sie Anfangs kleiner und fortwährend wachsend bis zum 22., wo sie, trotz der Lichtschwächung, welche sie durch die mehr als doppelte Entfernung des Cometen von der Erde erlitten haben muss, fast anderthalbmal so gross war als am 14. Berücksichtigt man alles dieses, so scheint es der ersten Hypothese

völlig entsprechend zu sein, wogegen es von der zweiten beträchtlich verschieden ist.

Der andere Grund beruhet auf dem Ansehen der Ausströmung. Die Beobachtungen lassen keinen Zweifel darüber, dass die Ausströmung lebhafter war, wenn sie in der Richtung der Sonne erschien, als wenn sie beträchtlich von derselben abwich; in dem einen Maximo ihrer Abweichung von dieser Richtung, am 13., hatte sie ganz aufgehört sichtbar zu sein; in der Nähe des anderen, am 15., war sie äusserst unscheinbar geworden, wogegen sie am 12. und 14. sehr lebhaft erschien. Wenn ihre Bewegung einer Schwingung in der Ebene der Bahn zuzuschreiben ist, so ist es nicht nur denkbar, sondern auch wahrscheinlich, dass sie die grösste Lebhaftigkeit hatte, wenn sie sich in der Richtung ihrer Ursache, der Sonne, befand. Wenn sie dagegen eine Folge der Drehung um den Radiusvector ist, so behält sie immer dieselbe Neigung gegen die Sonne, und man sieht keinen Grund, der ihre verschiedene Lebhaftigkeit erklären könnte; sie müsste, im Gegentheil, in den Grenzen ihrer Bewegung am lebhaftesten erschienen sein, indem sie sich hier unverkürzt zeigte. Endlich kann man noch bemerken, dass eine Drehung um eine nicht feste, sondern immer auf die Sonne gerichtete Axe, nur statthaft ist, wenn eine besondere physische Ursache dieser Bewegung der Axe angenommen wird.

200 Da die Beobachtungen der Positionswinkel der Ausströmung für die Richtigkeit ihrer Erklärung durch eine schwingende Bewegung sprechen und da unverwerfliche Gründe anderer Art, wie ich eben gezeigt habe, sich damit vereinigen, so sehe ich kein Bedenken, diese schwingende Bewegung in der Ebene der Bahn, als ein Resultat der Beobachtung anzunehmen.

5.

Eine schwingende Bewegung der Ausströmung um die Richtung des Radiusvectors erfordert, dass die Sonne, ausser der anziehenden Kraft, welche den Schwerpunct des Cometen nach den Kepler'schen Gesetzen bewegt, noch eine drehende Kraft auf ihn äussere, deren Resultante entweder, wenn sie nach der Sonne gerichtet ist, durch einen auf der Sonnenseite des Schwerpuncts des Cometen liegenden

Punct geht; oder, wenn sie von der Sonne abwärts gerichtet ist, durch einen jenseits des Schwerpuncts liegenden Punct; oder endlich, wenn sie nicht eine Resultante, sondern zwei Resultanten hat, dass die eine in dem ersten, die andere in dem zweiten Falle ist. Wäre dieses umgekehrt, so würde jede vorhandene Abweichung der Axe der Ausströmung von der Richtung nach der Sonne, sich vermehrt und am Ende in die derselben entgegengesetzte verwandelt haben.

Ferner erfordert die schwingende Bewegung der Ausströmung, dass der Körper des Cometen selbst diese Bewegung besitze. Da die Theilchen der ausströmenden Materie nicht in einem festen Zusammenhange sind, so nimmt jedes derselben diejenige Bewegung an, welche eine Folge der auf dasselbe wirkenden Kräfte und des ursprünglichen Zustandes seiner Bewegung ist. Eine Zusammensetzung dieser Bewegungen aller Theilchen zu einer schwingenden Bewegung fällt mit der Annahme der Festigkeit der Ausströmung zugleich weg. Sie könnte nur durch die Kräfte erklärt werden, wenn man diesen selbst eine ähnliche schwingende Bewegung beilegen, also etwas annehmen wollte, wovon diese eine Folge ist. Es ist daher der ursprüngliche Zustand der Bewegung, dessen Wirkung wir beobachtet haben, und es geht aus dieser hervor, dass der Körper des Cometen die leuchtende Materie von einem Theile seiner Oberfläche ausgeströmt und ihre jedesmalige Richtung durch die Richtung dieses Theiles bestimmt hat.

Die gewöhnliche Anziehungskraft der Sonne auf schwere Körper reicht aber zur Erklärung einer Schwingung des Körpers des Cometen, von so kurzer Periode als die beobachtete, durchaus nicht hin, und es wird nöthig, eine andere Ursache zu suchen. Es ist zwar gewiss, dass die der Sonne näheren Theile des Cometen stärker von ihr angezogen werden, als die entfernteren; und dass daraus, verbunden mit seiner Bewegung in einer krummlinigten Bahn, eine 201 der wahren Libration des Mondes ähnliche, schwingende Bewegung entstehen kann, wenn er einen verlängerten Durchmesser der Sonne zuwendet. Aber wenn auch die Integration der bekannten Differentialgleichung der Libration, in dem Falle einer so excentrischen Bewegung, wie die des Cometen ist, noch nicht überstiegene Schwierigkeiten darbietet und wenn man auch, wegen der Unbekanntschaft

mit den Momenten der Trägheit desselben, noch viel weniger zu einem Zahlenresultate für die Periode der Schwingung gelangen kann, so kann man doch leicht zeigen, dass die Schnelligkeit der Aenderung des Arguments dieser Bewegung, eine Grösse von der Ordnung der Quadratwurzel aus dem, durch den Cubus der Entfernung des Cometen von der Sonne dividirten Producte der Sonnenmasse in seinen Durchmesser ist. Diese Grösse ist also äusserst klein, oder die Periode der aus der anziehenden Kraft der Sonne entstehenden Bewegung ist äusserst lang. Die beobachtete Bewegung von kurzer Periode kann daher nicht auf diese Art erklärt werden.

Ich sehe weder, wie man sich der Annahme einer Polarkraft wird entziehen können, welche Einen Halbmesser des Cometen zu der Sonne zu wenden, den entgegengesetzten von ihr abzuwenden strebt, noch welcher Grund vorhanden sein könnte, die Annahme einer solchen Kraft a priori zurückzuweisen. Es fehlt sogar nicht an einer Analogie, indem die Erde selbst eine Polarität, die magnetische, besitzt, von welcher jedoch nicht bekannt ist, dass ihre Gegensätze sich auf die Sonne beziehen. Sollte dieses der Fall sein, so kann sich ein Einfluss davon in der Vorrückung der Nachtgleichen zeigen.

Dass diese Kraft, welche zur Erklärung der Schwingungen von kurzer Periode nothwendig erscheint, diese Erklärung vollständig gewähren kann, ist nicht zu bezweifeln. Die Periode hängt von der Stärke der Kraft ab; die Ausdehnung von einer willkürlichen, sich auf den ursprünglichen Zustand beziehenden Constante.

Ich füge noch hinzu, dass, wenn die Sonne auf einen Theil der Masse des Cometen, mit einer anderen als der gewöhnlichen anziehenden Kraft wirkt, diesen Theil also stärker oder schwächer anzieht, oder ihn abstösst, diese besondere Wirkung nothwendig eine polarische, d. h. die entgegengesetzte Wirkung auf einen anderen Theil der Masse bedingende sein muss. Wäre dieses nicht der Fall, so würde die Summe aller Kräfte, welche die Sonne auf die ganze Masse äussert, nicht dieser Masse proportional sein, und folglich die Bewegung des Cometen nach den Kepler'schen Gesetzen, nicht derselben Sonnenmasse entsprechen, welche wir aus den Be-
202 wegungen der Planeten erkennen. Dieses ist ganz gegen die Beobachtungen, welche selbst einen kleinen Unterschied schon verrathen

haben würden. Wenn wir daher die Ueberzeugung erlangen können, dass nicht die ganze Masse des Cometen, von der Sonne, auf gewöhnliche Art, angezogen wird, so haben wir dadurch einen neuen Beweis für die Wirkung einer Polarkraft in demselben.

6.

Indessen muss ich, ehe ich die weitere Erklärung der Erscheinungen versuche, welche die Cometen darbieten, eine vollständigere Darstellung der Beobachtungen geben. Wir besitzen vortreffliche Abbildungen des Cometen von 1744, in einem besonderen, seine Beschreibung enthaltenden Werke von Heinsius. Diese Abbildungen beruhen auf Beobachtungen mit einem 4füssigen Telescope von Short, einem Instrumente, welches, nach seinen Leistungen zu urtheilen, nicht mindere Auszeichnung verdient, als die ehemals so häufig vorkommenden anderen Instrumente desselben Meisters. Es sind dieses die einzigen vorhandenen Beobachtungen eines grossen und prachtvollen Cometen, dessen Kern bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten dargeboten hätte; der Kern des Cometen von 1811 war, vergleichungsweise mit dem von 1744, durchaus nicht lehrreich. Dieser aber war dem Halley'schen Cometen in jeder Beziehung so ähnlich, dass der eine das was der andere gezeigt hat, ergänzen kann. Bei dem Cometen von 1744 trat das, was der Halley'sche in einem kleineren Massstabe zeigte, in einem grösseren hervor; es wird also häufiger Veranlassung sein, meine Beobachtungen durch die von Heinsius zu ergänzen, als umgekehrt. Zu bedauern ist es, dass Heinsius auf die schwingende Bewegung der Ausströmung nicht aufmerksam gewesen ist, oder der Mittel entbehrt hat, ordentliche Beobachtungen darüber anzustellen.

Ueber die Figur des Kerns habe ich keine Beobachtungen machen können: vor dem 2. October nicht, weil der Comet noch zu entfernt und zu dunkel erschien; nach diesem Tage nicht, weil die Ausströmung nahe an dem Kerne zu hell war, um ein Urtheil über die Figur zu erlauben, welche er gezeigt haben würde, wenn er von der Ausströmung abgesondert gewesen wäre; im Allgemeinen nicht, weil er immer zu klein war um seine nicht scharf begrenzte Figur deutlich zu zeigen. Der Comet von 1744 hatte aber einen

beträchtlich verlängerten, der Sonne zugewandten Durchmesser, dessen Verhältniss zu dem kürzesten, senkrecht auf ihn stehenden, Heinsius = 3 : 2 angiebt. Dieser verlängerte Kern war schon vor dem Sichtbarwerden der Ausströmung, am 5. Jan., vorhanden. Er behielt seine Form auch nachdem die Ausströmung sich gebildet 203 hatte, bis zum Ende der Beobachtungen am 16. Febr. Die Ausströmung entstand an dem Scheitel des längsten Durchmessers. Ich führe diese Wahrnehmung an, um durch ein anderes Beispiel noch wahrscheinlicher zu machen, als es durch das Verhalten des Halley-schen Cometen schon geworden ist, dass die Sonne es ist, welche die Ausströmung erzeugt und den Theil der Cometenoberfläche, von welchem sie ausgeht, zu sich wendet.

Die Ausströmung in der Richtung der Sonne bemerkte Heinsius zuerst am 25. Januar, an welchem Tage sie so weit entwickelt gewesen zu sein scheint, wie die des Halley'schen Cometen am 8. oder 12. October. Am 31. Januar war sie der von mir am 22. Oct. beobachteten beinahe gleich, mit dem einzigen Unterschiede, dass ihr Bestreben, sich von der Sonne abwärts zu krümmen, schon erfolgreicher gewesen war, und eine ihrer Grenzen wirklich schon in diesem Sinne mehr gekrümmt hatte, als meine Beobachtung dieses zeigt. Am 2. Februar war dieses Aufwärtsgehen der ausgeströmten Materie bereits viel sichtbarer geworden und fand an beiden Grenzen statt, so dass es den Anfang zweier Schenkel eines Schweifes bildete, welche an den folgenden Tagen immer lebhafter und länger wurden. Die Beobachtungen beider Cometen lassen also nicht den geringsten Zweifel darüber, dass die Materie, welche der Sonne zu ausgeströmt wurde, nicht fortfuhr, sich dieser zuzubewegen, sondern auf der Sonnenseite des Cometen ein Maximum ihrer Fortbewegung von derselben erlangte und dann nach der entgegengesetzten Richtung fortging.

Der Theil der Oberfläche des Cometen, von welchem die Ausströmung ausging, scheint, in beiden Fällen, mit der Annäherung an die Sonne grösser geworden zu sein. Bei dem Halley'schen Cometen wird dieses durch die Beobachtung vom 22. October und durch die spätere vom 25. angedeutet; bei dem Cometen von 1744 ist es, den Zeichnungen von Heinsius zufolge, sehr sichtbar. Anfangs strömte nur ein kleiner Theil der Oberfläche sichtbar aus;

später wurde dieser Theil grösser und erstreckte sich immer weiter über die der Sonne zugewandte Hälfte desselben, so dass er, bei der letzten Beobachtung am 16. Februar, diese ganze Hälfte einnahm. Während der ganzen Zeit der Beobachtungen, sowohl von Heinsius als von mir, strömte die Lichtmaterie, d. h. die sichtbar ausströmende, in nicht stumpfen Winkeln mit dem Radiusvector, also der Sonne zu, aus, welches ein, für die Erklärung der Ursache der Erscheinung erhebliches Moment zu sein scheint.

Beide Cometen zeigen, wie aus dieser Vergleichung hervorgeht, die allergrösste Aehnlichkeit. Sie scheinen, ausser in der Grösse und ihrem Einflusse auf die Deutlichkeit aller Erscheinungen, nur 204 darin verschieden zu sein, dass der von 1744 dieselben beständiger zeigte, als der andere. Dieses aber rührt ohne Zweifel von der schwingenden Bewegung der Ausströmung des letzteren her, deren grosser Einfluss auf die Lebhaftigkeit der Ausströmung, aus meinen Beobachtungen schon hervorgegangen ist. Obgleich Heinsius die Richtungen der Ausströmung nicht näher bestimmt, so kann man doch, aus der Beständigkeit derselben, als wahrscheinlich folgern, dass ihre Schwingungen weit geringere Ausdehnung besessen haben, als die des Cometen von 1835.

7.

Es ist mir eine Beobachtung gelungen, welche einen Beitrag zu der Kenntniss der Beschaffenheit des, den Kern des Cometen zunächst umgebenden Nebels liefert. Der Comet ging nämlich, am 29. Septbr., sehr nahe bei einem Fixsterne der 10. Grösse vorbei, und ich benutzte diese Gelegenheit, zu untersuchen, ob das Licht des Sterns, durch den Nebel, von seiner geradlinigten Bewegung abgelenkt werde. Die Beobachtungsart, welche ich angewandt habe, besteht in der Messung einer Reihe von Entfernungen und Positionswinkeln des bedeckten Sterns, bezogen auf einen anderen Stern in seiner Nähe, welcher aber ausser dem Nebel blieb. Vorher hatte ich den Ort des Cometen, durch zwölf ähnliche Beobachtungen, mit demselben Sterne verglichen und konnte also berechnen, welche Entfernung der Comet, zur Zeit einer Beobachtung des bedeckten Sterns, sowohl von dem wahren Orte desselben, als von dem dann

beobachteten hatte. Der Unterschied beider musste eine vorhandene Strahlenbrechung verrathen. Man konnte erwarten, auf diese Art eine beträchtliche Sicherheit zu erlangen, indem die Vergleichungen zweier Fixsterne unter einander, sich genauer machen lassen, als die Vergleichungen des Cometen mit einem Fixsterne, zumal mit einem, vergleichungsweise mit dem Cometen, so lichtschwachen, als der bedeckte war.

Der Vergleichungsstern (*a*) hat die 8. Grösse und kömmt in Nr. 449 und 490 meiner Zonen vor; sein scheinbarer Ort ergiebt sich daraus:

$$99^0\ 7'\ 25''\ 6 \text{ und } 36^0\ 48'\ 23''\ 6.$$

Der bedeckte Stern (*b*) ist 10mal mit diesem angenommenen Orte verglichen worden, und es hat sich daraus ergeben:

M. Z.	AR.	Decl.
12^h 39′ 41″	98⁰ 49′ 23″89	36⁰ 52′ 34″12
46 40	24,36	34,51
50 19,6	21,36	34,10
53 6,1	23,43	33,60
59 11,1	24,04	34,25
13 8 37	23,52	35,14
16 35	23,72	33,18
20 5	23,86	35,47
22 34	26,17	34,76
25 34	22,07	34,90

205

Zu den Zeiten der 3., 4. und 5. Beobachtungen war der Stern in dem dichteren Theile des Cometennebels; die übrigen, bei welchen er freier davon war, ergeben seinen wahren Ort:

$$98^0\ 49'\ 23''\ 94 \text{ und } 36^0\ 52'\ 34''\ 58.$$

Um die Beobachtungen des Cometen reduciren und seinen Ort sowohl mit diesem wahren Orte, als auch mit den, zur Zeit seiner grösseren Nähe bei dem Sterne *b* beobachteten scheinbaren Oertern desselben vergleichen zu können, habe ich einige Oerter des Cometen aus den schon im 3. Art. benutzten Elementen berechnet, welche ich hier anführe:

M. Z. Paris	AR.	Decl.	log. ϱ
8^h 20′ 17″2	98° 39′ 33″43	36° 42′ 46″61	9,74024
11 20 14,9	47 14,15	36 51 39,09	9,73664
14 20 12,7	55 2,32	37 0 39,73	9,73298

Die Beobachtungen des Cometen haben seinen scheinbaren Ort:

11^h 0′ 53″ M. Z., 98° 44′ 38″95 36° 46′ 51″19

ergeben, und den Fehler der Elemente, mit Rücksicht auf die Parallaxe:

in AR. = — 70″40, in Decl. = + 2″96.

Zur Beurtheilung der Güte dieser Bestimmung führe ich ihre Vergleichung mit den zwölf einzelnen Messungen, auf welchen sie beruhet, an, nämlich die übrig bleibenden Unterschiede der einzelnen, sowohl im Sinne der Entfernung, als senkrecht darauf:

+ 4″41	— 0″95
— 3,11	+ 1,71
+ 1,93	— 0,57
— 1,99	+ 2,17
+ 0,25	— 1,71
— 1,51	— 0,60
— 1,21	— 0,48
+ 0,04	+ 1,06
+ 2,96	— 0,45
— 1,55	+ 0,01
+ 2,27	— 3,37
— 2,51	+ 3,22

Aus der Vergleichung des scheinbaren Ortes des Cometen und des wahren Ortes des Sterns geht hervor, dass jener diesem um 12^h 54′ 15″ M. Z. in der Entfernung 6″66 am nächsten gewesen ist. Seine scheinbaren Oerter für die Zeiten der 3., 4., 5. Beobachtung sind:

98° 49′ 20″72	36° 52′ 19″01
27,86	27,36
43,52	45,67

206 und ihre Entfernungen von dem unteren Orte des Sterns:

15″78; 7″78; 19″19.

Die Entfernungen des Cometen von den, zu denselben Zeiten beobachteten Oertern des Sterns sind dagegen:

15″10; 7″18; 19″32.

Wollte man die Unterschiede beider, einer Strahlenbrechung in der Cometen-Atmosphäre zuschreiben, so würde man den doppelten Werth derselben:

— 0″68; — 0″60; + 0″13

erhalten. Es geht also hervor, dass in den Entfernungen von dem Mittelpuncte, in welchem die Beobachtungen gemacht worden sind, keine Strahlenbrechung merklich war. Die kleinen Unterschiede haben sogar zweimal das einer Strahlenbrechung entgegengesetzte Zeichen und deuten daher nicht die geringste Spur derselben an. Ich benutze diese Gelegenheit, um zu bemerken, dass eine Strahlenbrechung in der Atmosphäre des Cometen, sich noch auf eine andere Art zeigen könnte. Wenn nämlich ihr Maximum durch R und die scheinbare Entfernung von dem Mittelpuncte des Cometen, in welcher dasselbe stattfindet, durch ϱ bezeichnet werden, so muss man das gebrochene Licht des Sterns, an dem ihm entgegengesetzten Rande des Cometen sehen, wenn seine wahre Entfernung $= 2R - \varrho$ ist; in kleineren Entfernungen bricht der Comet noch mehr Licht von dem Sterne zum Auge. In diesen Entfernungen muss man also, wenn eine Strahlenbrechung vorhanden ist, einen Abglanz des Sterns an dem Cometen, diesen also heller sehen, als er ohne die Nachbarschaft des Sterns erscheinen würde. Ich hoffte, vor der Erscheinung des Cometen, zur Beobachtung naher Vorübergänge desselben vor Fixsternen, häufigere Gelegenheiten zu erhalten; allein es war nur die eine, angeführte vorhanden. Auch glaubte ich, dass sich Gelegenheit darbieten würde, darauf zu achten, ob die Nähe heller Sterne das Licht des Cometen vermehre; allein der oft halbtrübe Zustand des Himmels raubte diese Gelegenheiten meistentheils; nach der Entstehung der Ausströmung wurde das Licht des Cometen so stark, dass man später auch nicht mehr erwarten konnte, etwas dieser Art wahrzunehmen, selbst wenn er in die Nähe sehr heller Sterne gekommen wäre.

Die angeführte Beobachtung zeigt mit Gewissheit, dass der in 7″78 Entfernung von dem Mittelpuncte noch sehr dichte Nebel, keine Strahlenbrechung geäussert hat. Will man daraus schliessen, dass der Nebel eben so wenig in noch kleineren Entfernungen als in dieser, eine strahlenbrechende Kraft äussere, so kann man ihn schwerlich für eine gasartige Flüssigkeit, sondern nur als aus getrennten Theilen bestehend ansehen; wenigstens fehlt uns die Analogie eines Gases, welches nicht auf das Licht wirkte.

8.

Bei dem angeführten Vorübergange des Cometen vor einem 207 Sterne, so wie bei mehreren anderen, weniger nahen Vorübergängen, erlitten die Sterne eine beträchtliche Schwächung ihres Lichtes. Einigen Beobachtern früherer Cometen sind Sterne im Nebel der Cometen mit ungeschwächter Helligkeit erschienen. Olbers sah dagegen, dass Sterne der 8. Grösse, als sie in der hellen Begrenzung des Schweifes des Cometen von 1811 standen, beträchtlich schwächer erschienen (Mon. Corr. XXV. S. 15.). Ich bin gleichfalls nicht zweifelhaft darüber, dass ich Sterne in dem Nebel des Cometen schwächer gesehen habe, als ausser demselben; allein man kann dadurch die Ueberzeugung nicht erlangen, ob die Schwächung des Lichtes nicht vielleicht allein dem hellen Grunde zuzuschreiben ist, auf welchem die Sterne erschienen. Entscheidend in dieser Frage scheint mir eine wichtige Beobachtung von Arago zu sein, deren Kenntniss ich der gütigen Mittheilung von Olbers verdanke. Herr Arago hat nämlich untersucht, ob der Comet polarisirtes Licht enthalte, und gefunden, dass er wirklich solches Licht besass. Da dieses nur der Fall sein kann, wenn der Comet Licht zurückwirft, so kann nicht weiter bezweifelt werden, dass er das Licht der Sterne, bei dem Durchgange desselben, schwächet; denn das Zurückwerfen des Lichts beweist, dass es nicht ohne Hinderniss hindurchgeht.

Die eben angeführte Beobachtung von Arago ist ein wichtiger Beitrag zur Kenntniss des Cometen, weil sie keinen Zweifel darüber lässt, dass er Sonnenlicht reflectirt. Indessen wird, wenn auch der Comet alles Licht, welches er zeigt, von der Sonne empfängt, nur ein kleiner Theil desselben polarisirt; und daraus, dass er polari-

sirtes Licht enthält, folgt nicht, dass der weit grössere, nicht polarisirte Theil seines Lichts, ganz aus Sonnenlicht bestehe. Ich würde diese Bemerkung für unnütz halten, wenn nicht meine Beobachtungen anzudeuten schienen, dass der Comet eigenthümliches Licht entwickelt habe. Sie haben freilich weder das Verdienst der ARAGO'schen, noch haben sie von der veränderlichen Durchsichtigkeit der Luft unabhängig gemacht werden können. Allein dennoch scheint es mir, als dürfe die grosse, am 2. October sichtbar gewordene Vermehrung der Helligkeit, in Verbindung mit der gleichzeitigen Entstehung der Ausströmung, eben so wenig ganz übersehen werden, als die Abnahme des Glanzes des Kerns, welche am 14. October, trotz ausgezeichneter Heiterkeit des Himmels, bemerkt wurde.

Mehrere Beobachter haben frühere Cometen über Sterne hinweggehen sehen und diese nicht aus dem Gesichte verloren. Wenn ein Vorübergang wirklich central gewesen ist und wenn die Atmosphäre des Cometen keine Strahlenbrechung besessen hat, so be-
208 gründet diese Beobachtung den Schluss, dass der Kern des Cometen kein undurchsichtiger Körper gewesen ist. Ich glaube zwar nicht, dass man die völlige Ueberzeugung hat erlangen können, dass die beobachteten Bedeckungen central waren; auch bin ich der Meinung, dass die Behauptung der gänzlichen Abwesenheit einer Strahlenbrechung, auf Beobachtungen gegründet werden müsste, durch welche der scheinbare Ort eines Sterns, in noch grösserer Nähe bei dem Mittelpuncte des Cometen bestimmt wird, als durch meine, im vorigen Artikel mitgetheilte Beobachtung der Fall ist. Demohngeachtet aber halte ich für wahrscheinlich, dass der Kern des Cometen kein eigentlich fester Körper ist; d. h. kein fester Körper der Art wie die Erde, der Mond und die Planeten. Er muss in der That leicht in den Zustand der Verflüchtigung übergehen können, während die eben genannten Körper diese Eigenschaft nicht, oder wenigstens in einem geringen Grade besitzen: indem seine Oberfläche keine feste Begrenzung zeigt, scheint sie sich in diesem Zustande zu befinden; der fast unbegreiflich grosse Raum, welcher durch die Schweife vieler Cometen gefüllt wird, verbunden mit der wahrscheinlichen äussersten Kleinheit ihrer Massen, zeigt gleichfalls, dass die Materie der Cometen die Eigenschaft erlangt, sich unbegrenzt auszudehnen. Allein diese Eigenschaft kann die Masse des Cometen ursprünglich

nicht besitzen; wenigstens kann sie keine Materie sein, welche keine Dichtigkeit hat, wenn sie keinen Druck erleidet, denn eine solche Materie würde sich offenbar gänzlich zerstreuen. Ich sehe aber keine Schwierigkeit der Annahme, dass die Cometen aus Theilen bestehen, welchen nur noch wenig an der Wärme, oder einer anderen repulsirenden Eigenschaft fehlt, welche sie besitzen müssen um flüchtig zu werden. Dass die Verflüchtigung sich an dem der Sonne gerade zugewandten Theile der Oberfläche am frühesten zeigt, auch dass sie sich durch grössere Annäherung an die Sonne und durch längere Dauer ihrer Wirkung vermehrt und über einen, immer grösser werdenden Theil der Oberfläche erstreckt, ist nach dieser Ansicht zu erwarten, so wie auch mit den Beobachtungen übereinstimmend. Dass die Verflüchtigung durch den mit ihr verbundenen Wärmeverlust das Mittel werden kann, durch welches ein Theil der Cometenmasse vor der Zerstreuung geschützt wird, ist, wenn ich nicht irre, schon von Laplace bemerkt worden. Endlich bemerke ich noch, dass mit dieser Ansicht durchsichtige oder undurchsichtige, strahlenbrechende oder nichtstrahlenbrechende Cometenkerne vereinbar sind.

9.

Glücklicherweise verhindert die Unsicherheit, in welcher wir uns nothwendigerweise befinden, wenn von den Bestandtheilen der Cometen die Rede ist, nicht die Anstellung von Untersuchungen 209 über die Bewegung der Theilchen, welche sich von ihnen trennen. Diese ist den allgemeinen Gesetzen der Bewegung der Puncte unterworfen, welche ich demnach darauf anzuwenden suchen werde.

Vorher muss ich jedoch der Ansicht gedenken, welche Newton von der Entstehungsart der Cometen-Schweife hatte; denn nach dieser Ansicht würde die Bewegung der Theilchen eines angenommenen, den Weltraum füllenden Aethers, nicht der Theilchen der Cometen, zu untersuchen sein. Newton verglich das Aufsteigen des Cometennebels mit dem Aufsteigen des Rauches in der Luft; er nahm an, dass Brechungen und Zurückwerfungen des Lichts, durch die Atmosphäre der Cometen veranlasst, die umgebenden Aethertheile erwärmen und leichter machen, so dass sie in dem höheren,

schwereren Aether aufsteigen und Theile der Atmosphäre mit sich fortreissen. Indem diese Ansicht von Newton ist, muss sie den ihm bekannten Eigenschaften der Cometen-Schweife angemessen sein; es ist aber unmöglich, sie mit Erscheinungen zu vereinigen, welche man später wahrgenommen hat.

Ich erinnere an den Cometen von 1811, dessen Schweif die auffallende Erscheinung eines von dem Kerne getrennten, etwas parabolisch gekrümmten und mit seinem Scheitel der Sonne zugewandten Streifens zeigte; an denselben Cometen, welchen Olbers in seiner gedankenreichen Abhandlung über die Cometen-Schweife beschrieben hat. Ferner erinnere ich an den Cometen von 1807, welcher einen längeren fast geraden und einen kürzeren, stark gekrümmten Schweif zeigte. Endlich führe ich den Cometen von 1824 an, welcher zwei, mehrere Grade lange Schweife, den einen der Sonne zu-, den anderen von ihr abgewandt zeigte. Ich sehe diese Cometen als unzweideutige Beweise gegen die Meinung, dass die Theile der Cometenatmosphäre durch erwärmte Aethertheile mit sich fortgerissen werden, an, und werde mich daher bemühen, die Bewegung der ersteren, nicht der letzteren, zu bestimmen.

Wenn man nicht allein die Wirkung der Sonne, sondern auch die Wirkung des Cometen auf ein sich frei bewegendes Theilchen berücksichtigen will, so ist die aufzulösende Aufgabe offenbar die der drei Körper, welche, wenn man ihre Allgemeinheit nicht beschränkt, bekanntlich auf nicht überstiegene Schwierigkeiten führt. Aber wenn man die Wirkung des Cometen nur in kleinen Entfernungen als merklich ansehen und sich begnügen will, die Bewegung eines Theilchens, nach seinem Ausgange aus der Wirkungssphäre der Cometen zu untersuchen, so verliert die Aufgabe ihre Schwierigkeit. Wirklich hat man allen Grund, die Massen der Cometen, vergleichungsweise mit denen der Planeten, noch mehr also der Sonne, als beinahe verschwindend anzunehmen, und demzufolge vorauszusetzen, dass ihre Wirkung nur in ganz kleinen Entfernungen merklich, oder mit der der Sonne vergleichbar ist. Was man durch die Untersuchung der Bewegung der Theilchen ausserhalb der Wirkungssphäre des Cometen verliert, ist die Kenntniss der Theorie ihrer Bewegung innerhalb derselben; eine Kenntniss, von welcher man übrigens wahrscheinlich keinen Nutzen würde ziehen können, indem

der ursprüngliche Zustand der Bewegung eines Theilchens und die an der Oberfläche des Cometen wirkenden Kräfte wahrscheinlich unbekannt bleiben werden. Ich nehme für den ursprünglichen Zustand der Bewegung eines Theilchens, den an, mit welchem es nicht den Cometen selbst, sondern seine Wirkungssphäre verlässt.

Ich werde den Punct beziehungsweise auf den Cometen bestimmen, in welchem sich zur Zeit t ein Theilchen befindet, welches die Wirkungssphäre des Cometen, zur Zeit $t - \tau$, an einem gegebenen Orte, mit gegebener Geschwindigkeit und in gegebener Richtung verlassen hat. Die Rechnung gründe ich nicht auf die Voraussetzung, dass die Masse, mit welcher die Sonne auf das Theilchen wirkt, der Masse $= 1$, mit welcher sie die Planeten und den Cometen selbst anzieht, gleich sei; vielmehr soll jene Masse durch μ bezeichnet werden und im Laufe der Rechnung unbestimmt bleiben. Zur Abkürzung werde ich nur Theilchen betrachten, welche sich in der Ebene der Bahn bewegen.

Ueber die unbestimmt bleibende Masse der Sonne in Beziehung zu dem Theilchen, muss ich eine Erläuterung voranschicken. Die Kraft, mit welcher die Sonne das Theilchen zu bewegen sucht, wird in der Entfernung r

$$= \frac{\mu}{rr}$$

vorausgesetzt. Wenn μ den Werth 1 hat, so ist die Wirkung der gewöhnlichen Anziehung der Sonne gleich; wenn $\mu < 1$, so ist die erstere kleiner als die letztere; wenn μ negativ, so verwandelt sich die Anziehung in eine Zurückstossung. In beiden, von der gewöhnlichen Anziehung verschiedenen Fällen, ist es aber nicht nothwendig, der Sonne selbst eine andere Anziehungskraft, oder eine Abstossungskraft auf das Theilchen zuzuschreiben; es bleibt möglich, beide durch die gewöhnliche Anziehungskraft der Sonne zu erklären. Man muss, wenn man dieses will, einen Aether annehmen, welcher zu der Sonne gravitirt, ohne der Bewegung einen Widerstand zu leisten. In dieser Voraussetzung ist die relative Anziehungskraft, mit welcher die Sonne auf ein Theilchen von der Dichtigkeit d, in einem Aether von der Dichtigkeit d' wirkt, 211

$$= \frac{d - d'}{drr} = \left(1 - \frac{d'}{d}\right)\frac{1}{rr}.$$

Man kann auf diese Art jede beliebige Anziehungskraft, wenn sie kleiner als die gewöhnliche ist, und auch eine Abstossungskraft erklären. Doch hat die letztere eine Grenze, wie Untersuchungen über die Bewegung eines Pendels in der Luft und Poissons bewunderungswürdige Analyse derselben, gezeigt haben: die Bewegung des Schweiftheilchens im Aether wird nämlich die nothwendige Veranlassung einer Bewegung des Aethers selbst, und die bewegende Kraft des ersteren wird verwandt, eine grössere Masse in Bewegung zu setzen, als die des Schweiftheilchens ist. Aus diesem Grunde ist die beschleunigende Kraft kleiner als die relative Anziehungskraft der Sonne; ihr Ausdruck ist

$$\frac{d-d'}{d+kd'}$$

wo k einen positiven Coefficienten bezeichnet, dessen Werth von der Figur des bewegten Theilchens abhängt, den man aber bis jetzt, weder durch die Analyse noch durch Beobachtungen, für den Fall einer progressiven, sehr schnellen Bewegung kennen gelernt hat. Für eine Kugel, welche sehr kleine Schwingungen macht, findet Poisson $k=\frac{1}{2}$; die Beobachtungen haben einen beträchtlich grösseren Werth, nahe $=1$ gegeben. Die Grenze der Abstossungskraft, welche man durch einen nicht widerstehenden Aether erklären kann, und welche erreicht wird, wenn die Dichtigkeit des bewegten Körpers, vergleichungsweise mit der Dichtigkeit des Aethers, unendlich klein angenommen wird, ist $=\frac{1}{k}$. Man darf hoffen, dass die jetzt zur Preisbewerbung offene Aufgabe des Pariser Instituts, zur Kenntniss eines, in ähnlichen Fällen wie der hier vorkommende, anwendbaren Werthes von k führen werde. Wird der Aether nicht bloss als schwer, sondern auch als widerstehend, angenommen, so muss offenbar ein Maximum der Geschwindigkeit eines sich von der Sonne entfernenden Theilchens, bei einem nicht unendlich kleinen Werthe der Dichtigkeit desselben, eintreten.

10.

Ich bezeichne die Coordinaten des Cometen zur Zeit t, auf die Absidenlinie der Bahn und die darauf senkrechte, durch die Sonne

gehende Axe bezogen, durch x und y, seinen Radiusvector und seine wahre Anomalie durch r und v; für die Zeit $t - \tau$ erhalten dieselben Grössen die Bezeichnungen x_0, y_0, r_0, v_0; für das Theilchen haben x', y', r', v' und x'_0, y'_0, r'_0, v'_0 dieselben Bedeutungen. Wenn man von dem Theilchen, zur Zeit t, ein Perpendikel auf den Radiusvector des Cometen fället und die Entfernung seines Fusspunctes von dem Cometen, von der Sonne abwärts positiv genom- 212 men, durch ξ; das Perpendikel selbst, in der Richtung, von welcher der Comet herkömmt, positiv genommen, durch η bezeichnet, so sind:

$$\left.\begin{aligned} r\xi &= xx' + yy' - rr \\ r\eta &= yx' + xy' \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

durch τ und die zur Bestimmung der Bewegung des Theilchens nothwendigen Constanten auszudrücken.

Für diese Aufgabe kann man, durch die bekannte Theorie der Bewegung um einen Centralkörper, eine endliche Auflösung erhalten. Allein diese hat hier kein Interesse, indem die Constanten, von welchen die Bewegung des Theilchens abhängt, explicite in der Rechnung bleiben müssen, damit man beurtheilen könne, welchen Einfluss willkürliche Annahmen dieser Constanten und der Grösse μ auf den Ort des Theilchens haben. Unter der Beschränkung auf kleine Werthe von τ, kann man die Auflösung nach den Potenzen dieser Grösse entwickeln, welcher Weg mir der hier zweckmässigste zu sein scheint. Die Entwicklung werde ich bis τ^3 incl. machen.

Die Coordinaten des Cometen zur Zeit $t - \tau$ sind, nach dem Taylor'schen Lehrsatze,

$$\left.\begin{aligned} x_0 &= x - \frac{dx}{dt}\tau + \frac{d^2x}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} - \text{etc.} \ldots \\ y_0 &= y - \frac{dy}{dt}\tau + \frac{d^2y}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} - \text{etc.} \ldots \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (2)$$

Wenn man die relativen Coordinaten des Theilchens, zu derselben Zeit, durch

$$\begin{aligned} x'_0 - x_0 &= a \\ y'_0 - y_0 &= b \end{aligned}$$

bezeichnet, so hat man also:

$$(3) \quad \dots \quad \begin{cases} x'_0 = a + x - \frac{dx}{dt}\tau + \frac{d^2x}{dt^2}\frac{\tau^2}{2} - \text{etc.} \dots \\ y'_0 = b + y - \frac{dy}{dt}\tau + \frac{d^2y}{dt^2}\frac{\tau^2}{2} - \text{etc.} \dots \end{cases}$$

Wenn man ferner die relativen Geschwindigkeiten des Theilchens, in dem Augenblicke seines Ausganges aus der Wirkungssphäre des Cometen, d. h. zur Zeit $t - \tau$, durch

$$\frac{dx'_0}{dt} - \frac{dx_0}{dt} = \alpha$$

$$\frac{dy'_0}{dt} - \frac{dy_0}{dt} = \beta$$

bezeichnet, so hat man:

$$(5) \quad \dots \quad \begin{cases} \frac{dx'_0}{dt} = \alpha + \frac{dx}{dt} - \frac{d^2x}{dt^2}\tau + \frac{d^3x}{dt^3}\frac{\tau^2}{2} - \text{etc.} \dots \\ \frac{dy'_0}{dt} = \beta + \frac{dy}{dt} - \frac{d^2y}{dt^2}\tau + \frac{d^3y}{dt^3}\frac{\tau^2}{2} - \text{etc.} \dots \end{cases}$$

213 Man erhält endlich, durch nochmalige Anwendung des TAYLOR'schen Lehrsatzes, die Coordinaten des Theilchens zur Zeit t:

$$(5) \quad \dots \quad \begin{cases} x' = x'_0 + \frac{dx'_0}{dt}\tau + \frac{d^2x'_0}{dt^2}\frac{\tau^2}{2} + \text{etc.} \dots \\ y' = y'_0 + \frac{dy'_0}{dt}\tau + \frac{d^2y'_0}{dt^2}\frac{\tau^2}{2} + \text{etc.} \dots \end{cases}$$

Wenn diese gefunden sind, giebt die Substitution ihrer Ausdrücke in (1) die gesuchten ξ und η.

Die angedeuteten Differentiirungen werde ich nur für eine der Coordinaten ausführen, indem das für diese geltende, auch für die andere gilt. Die Differentialgleichungen der Bewegung des Cometen:

$$0 = \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{x}{r^3}$$

$$0 = \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{y}{r^3}$$

ergeben

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{x}{r^3}$$

$$\frac{d^3x}{dt^3} = -\frac{1}{r^3}\frac{dx}{dt} + \frac{3x}{r^4}\frac{dr}{dt}.$$

wodurch (3) und (4) sich in:

$$\left.\begin{aligned} x'_0 &= a + x - \frac{dx}{dt}\tau - \frac{x}{r^3}\frac{\tau^2}{2} + \left(\frac{1}{r^3}\frac{dx}{dt} - \frac{3x}{r^4}\frac{dr}{dt}\right)\frac{\tau^3}{6} \\ \frac{dx'_0}{dt} &= \alpha + \frac{dx}{dt} + \frac{x}{r^3}\tau - \left(\frac{1}{r^3}\frac{dx}{dt} - \frac{3x}{r^4}\frac{dr}{dt}\right)\frac{\tau^2}{2} \end{aligned}\right\} \quad . \qquad (6)$$

verwandeln.

Die Differentialgleichungen der Bewegung des Theilchens sind von denen des Cometen dadurch verschieden, dass die Sonnenmasse [214] nicht $= 1$, sondern $= \mu$ gesetzt wird. Man erhält also dadurch:

$$\frac{d^2x'}{dt^2} = -\frac{\mu x'}{r'^3}$$

$$\frac{d^3x'}{dt^3} = -\frac{\mu}{r'^3}\frac{dx'}{dt} + \frac{3\mu x'}{r'^4}\frac{dr'}{dt}$$

und wenn man dieses, auf die Zeit $t - \tau$ angewandt, in (5) setzt,

$$x' = x'_0 + \frac{dx'_0}{dt}\tau - \frac{\mu x'_0}{r'^3_0}\frac{\tau^2}{2} - \left(\frac{\mu}{r'^3_0}\frac{dx'_0}{dt} - \frac{3\mu x'_0}{r'^4_0}\frac{dx'_0}{dt}\right)\frac{\tau^3}{6}$$

Substituirt man hierin für x_0 und $\frac{dx'_0}{dt}$ ihre Ausdrücke (6), so erhält man:

$$\begin{aligned} x' &= a + x + \alpha\tau + \left(\frac{x}{r^3} - \frac{\mu(x+a)}{r'^3_0}\right)\frac{\tau^2}{2} \\ &- \left\{\frac{2}{r^3}\frac{dx}{dt} - \frac{6x}{r^4}\frac{dr}{dt} - \frac{2\mu}{r'^3_0}\left(\frac{dx}{dt} + \frac{\alpha}{2}\right) - \frac{3\mu(x+a)}{r'^4_0}\frac{dr'_0}{dt}\right\}\frac{\tau^3}{6} \end{aligned}$$

Um die Entwickelung vollständig zu erhalten, muss noch r'_0 in eine Reihe aufgelöst werden. Ich kürze indessen die Formel dadurch ab, dass ich Grössen von der Ordnung des Quadrates des Halbmessers der Wirkungssphäre des Cometen, oder aa, ab, bb, und im letzten Gliede auch a und b selbst, vernachlässige. Dadurch wird:

$$\frac{1}{r'^3_0} = \frac{1}{r^3} - \frac{3(ax+by)}{r^5} + \frac{3}{r^4}\frac{dr}{dt}\tau$$

$$\frac{1}{r'^4_0} + \frac{dr'_0}{dt} = \frac{1}{r^4}\frac{dr}{dt} + \frac{\alpha x + \beta y}{r^5}$$

und endlich:

$$\left.\begin{aligned} x' &= x + a + \alpha\tau + \left\{(1-\mu)\frac{x}{r^3} - \frac{\mu a}{r^3} + \frac{3\mu x}{r^5}(ax + by)\right\}\frac{\tau^2}{2} \\ &- \left\{\frac{2(1-\mu)}{r^3}\left(\frac{dx}{dt} - \frac{3x}{r}\frac{dr}{dt}\right) - \frac{\mu\alpha}{r^3} - \frac{3\mu x}{r^5}(\alpha x + \beta y)\right\}\frac{\tau^3}{6} \end{aligned}\right\} \quad . \qquad (7)$$

Setzt man diesen Ausdruck und den ähnlichen für y' in (1) und schreibt man für $x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt}$ die Quadratwurzel aus dem halben Parameter der Bahn des Cometen $= \sqrt{p}$, so findet man:

$$(8)\quad \left\{\begin{aligned} r\xi &= ax + by + (\alpha x + \beta y)\,\tau + \left\{\frac{1-\mu}{r} + \frac{2\mu}{3r}\right\}(ax + by)\frac{\tau^2}{2} \\ &\quad + \left\{\frac{4(1-\mu)}{rr}\frac{dr}{dt} + \frac{4\mu}{r^3}(\alpha x + \beta y)\right\}\frac{\tau^3}{6} \\ r\eta &= ay - bx + (\alpha y - \beta x)\,\tau - \frac{\mu}{r^3}(ay - bx)\frac{\tau^2}{2} \\ &\quad + \left\{\frac{2(1-\mu)}{r^3}\sqrt{p} + \frac{\mu}{r^3}(\alpha y - \beta x)\right\}\frac{\tau^3}{6}. \end{aligned}\right.$$

Die vier Constanten, welche in diesen Ausdrücken vorkommen, werden am zweckmässigsten durch den Halbmesser f der Wirkungssphäre und den Winkel F des nach dem Puncte, von welchem das Theilchen ausgeht, gelegten Radius mit dem Radiusvector, so wie auch durch seine anfängliche Geschwindigkeit g und den Winkel G der Richtung seiner Bewegung mit dem Radiusvector, ausgedrückt. Zählt man beide Winkel von der Sonne an und nach der Richtung hin, von welcher der Comet herkömmt, so hat man:

$$a = -f\cos(v_0 + F) \qquad \alpha = -g\cos(v_0 + G)$$
$$b = -f\sin(v_0 + F) \qquad \beta = -g\sin(v_0 + G)$$

Setzt man überdies

$$x = r\cos v \qquad\qquad y = r\sin v$$

und

$$\frac{dr}{dt} = \frac{e\sin v}{\sqrt{p}},$$

so verwandeln die Formeln (8) sich in:

215

$$(9)\quad \left\{\begin{aligned} \xi &= -f\cos(v - v_0 - F) - g\cos(v - v_0 - G)\,\tau \\ &\quad + \left\{\frac{1-\mu}{rr} - \frac{2\mu}{r^3}f\cos(v - v_0 - F)\right\}\frac{\tau^2}{2} \\ &\quad + \left\{\frac{(1-\mu)}{r^3}\frac{4e\sin v}{\sqrt{p}} - \frac{4\mu}{r^3}g\cos(v - v_0 - G)\right\}\frac{\tau^3}{6} \\ \eta &= -f\sin(v - v_0 - F) - g\sin(v - v_0 - G)\,\tau \\ &\quad + \frac{\mu}{r^3}f\sin(v - v_0 - F)\frac{\tau^2}{2} \\ &\quad + \left\{\frac{1-\mu}{r^3}2\sqrt{p} - \frac{\mu}{r^3}g\sin(v - v_0 - G)\right\}\frac{\tau^3}{6} \end{aligned}\right.$$

Da in v_0 noch die Zeit τ enthalten ist, so fordert die Vollständig- 216 keit der Entwickelung, dass man v_0 noch durch v und τ ausdrücke, oder:

$$\cos v_0 = \cos v + \sin v \frac{\sqrt{p}}{rr}\tau + \left(\frac{p}{r^4}\cos v - \frac{2e \sin v^2}{r^3}\right)\frac{\tau^2}{2}$$

$$\sin v_0 = \sin v - \cos v \frac{\sqrt{p}}{rr}\tau + \left(\frac{p}{r^4}\sin v + \frac{2e \sin v \cos v}{r^3}\right)\frac{\tau^2}{2}$$

setze. Dadurch erhält man die vollständig entwickelten Formeln:

$$\left.\begin{aligned}
\xi = & - f\cos F - \left\{g\cos G + f\sin F\frac{\sqrt{p}}{rr}\right\}\tau \\
& + \left\{\frac{1-\mu}{rr} - g\sin G\frac{2\sqrt{p}}{rr} - f\cos F\left(\frac{2\mu}{r^3} + \frac{p}{r^4}\right)\right. \\
& \left. + f\sin F\frac{2e\sin v}{r^3}\right\}\frac{\tau^2}{2} \\
& + \left\{\frac{1-\mu}{r^3}\frac{4e\sin v}{\sqrt{p}} - g\cos G\left(\frac{4\mu}{r^3} + \frac{3p}{r^4}\right)\right. \\
& \left. + g\sin G\frac{6e\sin v}{r^3}\right\}\frac{\tau^3}{6} \\
\eta = & f\sin F + \left\{g\sin G - f\cos F\frac{\sqrt{p}}{rr}\right\}\tau \\
& - \left\{g\cos G\frac{2\sqrt{p}}{rr} + f\sin F\left(\frac{\mu}{r^3} - \frac{p}{r^4}\right)\right. \\
& \left. - f\cos F\frac{2e\sin v}{r^3}\right\}\frac{\tau^2}{2} \\
& + \left\{\frac{1-\mu}{r^4}2\sqrt{p} + g\sin G\left(\frac{\mu}{r^3} + \frac{3p}{r^4}\right)\right. \\
& \left. + g\cos G\frac{6e\sin v}{r^3}\right\}\frac{\tau^3}{6}
\end{aligned}\right\} (10)$$

11.

215

Ich werde jetzt diese Theorie mit den verschiedenen Erscheinungen vergleichen, welche der HALLEY'sche Comet und der von 1744 dargeboten haben; später werde ich sie auch auf andere Cometen verwenden.

Wenn man zuerst nur eine Ausströmung in der Richtung der Sonne betrachtet, oder F und $G = 0$ setzt, so verwandelt sich der Ausdruck von η in:

$$-f\frac{\sqrt{p}}{rr}\tau - \left(\frac{g\sqrt{p}}{rr} - f\frac{e\sin v}{r^3}\right)\tau^2 + \left(\frac{1-\mu}{r^4}\sqrt{p} + g\frac{3e\sin v}{r^3}\right)\frac{\tau^3}{3}$$

Da, zur Zeit der Beobachtungen des HALLEY'schen Cometen, derselbe noch vor seinem Durchgange durch das Perihel war, war sin v negativ: die beiden ersten Glieder des Ausdruckes sind daher negativ, und alle Theilchen, welche zwischen der Beobachtungszeit und einer früheren, in der Richtung nach der Sonne ausgeströmt sind, gehen dem Cometen voran, falls der Unterschied beider Zeiten nicht so gross ist, dass das in seinen Cubus multiplicirte dritte Glied grösser wird als die beiden früheren, in die erste Potenz und das Quadrat multiplicirten. Dieses findet aber, wie man aus dem Ausdrucke von ξ leicht ableiten kann, für einen Werth von τ, für welchen ein Theilchen sich noch im Sinne von ξ von dem Cometen entfernt, nicht statt. Die sich der Sonne nähernden Theilchen
216 müssen also sämmtlich dem Cometen vorangehen.

Hierdurch wird die Krümmung der Ausströmung erklärt, welche ich vorzugsweise an der rechten, vorangehenden Grenze derselben beobachtet habe. Allein diese Ursache ist nicht die einzige, welche eine Krümmung der Ausströmung verursacht; die drehende Bewegung des Cometen, welcher die Ausströmung folgt, vereinigt sich entweder mit ihr, oder wirkt ihr entgegen, je nachdem sie von der rechten Seite zur linken oder umgekehrt geht. Denn die ausgeströmten Theilchen, welche ihre ursprüngliche Drehungsgeschwindigkeit, während ihres Aufsteigens behalten, bleiben hinter der Richtung des Punctes, von welchem sie ausgegangen sind, desto mehr zurück, je weiter sie sich von ihm entfernen. Das Zusammenwirken beider Ursachen fand am 8. und 12. October statt; ihr Gegeneinanderwirken am 14: es ist also nicht auffallend, dass an den ersteren Tagen die Krümmung auf der rechten Seite sehr sichtbar erschien, während sie an dem letzteren, auf beiden Seiten vielleicht gleich war. Genauer konnte man dieses nicht beurtheilen, weil die Ausströmung am 14. an beiden Grenzen des Kegels nicht gleich lebhaft war; an der schwächeren linken Seite musste sie sich früher mit dem hellen Grunde vermischen, auf welchem sie lag.

Hierdurch wird ferner erklärt, warum immer mehr ausgeströmte Materie auf der rechten Seite lag als auf der linken, und warum
217 die Grenze derselben, auf der Sonnenseite, nicht gleichformig convex erschien (vgl. Art. 1 am Ende). Die in grosserer Menge nach der

rechten Seite strömende Materie musste wirklich beide Erscheinungen zur Folge haben.

Die Ausdehnung des Nebels auf der Sonnenseite des Kerns ist mit μ und der Ausgangsgeschwindigkeit in einer Verbindung, welche es der Mühe werth ist, näher zu untersuchen. Bezeichnet man den Ausdruck von ξ (10), abgekürzt, durch

$$\xi = a + b\,\tau + c\,\frac{\tau^2}{2} + d\,\frac{\tau^3}{6}$$

so haben diejenigen der vor der Beobachtungszeit aus der Wirkungssphäre des Cometen ausgegangenen Theilchen, das Maximum von ξ erreicht, für welche

$$0 = \frac{d\xi}{d\tau} = b + c\,\tau + d\,\frac{\tau^2}{2}$$

ist, welchen also

$$\tau = \frac{R - c}{d} \left(R = \sqrt{(cc - 2bd)}\right)$$

zugehört. Setzt man diesen Werth von τ in den Ausdruck von ξ, so erhält man sein Maximum, welches ich durch $-\varepsilon$ bezeichnen werde, aus dem Ausdrucke:

$$\varepsilon + a = \frac{(R - c)^2\,(2R + c)}{6\,dd},$$

welchen man, da

$$d = \frac{cc - RR}{2b}$$

ist, auch

$$\varepsilon + a = \frac{2}{3}\,bb\,\frac{2R + c}{(R + c)^2}$$

schreiben kann.

Wenn ε eine kleine Grösse ist, wie bei dem HALLEY'schen Cometen, so ist nothwendig, dass b, vergleichungsweise mit $1 - \mu$, auch eine kleine Grösse sei. Lässt man daher alles weg, was über das Quadrat von b hinausgeht, und setzt man für die Coefficienten ihre Ausdrücke, so erhält man:

$$\varepsilon = f \cos F + \frac{rr}{2(1 - \mu)} \left(g \cos G + f \sin F \frac{\sqrt{p}}{rr}\right)^2$$

Der grösste Werth dieses Ausdruckes ist die weiteste Entfernung des Nebels auf der Sonnenseite des Cometen. Da derselbe sehr

nahe für $F = 0$ und $G = 0$ stattfindet, so erhält man diese weiteste Entfernung:

$$\varepsilon = f + \frac{rrgg}{2(1-\mu)}$$

Dieser Ausdruck setzt voraus, dass die weiteste Entfernung des Nebels auf der Sonnenseite, welche er angiebt, sich ausserhalb der Wirkungssphäre des Cometen befinde. Um den Grund, mit welchem dieses angenommen werden kann, einigermassen übersehen 218 zu können, werde ich diejenige Entfernung von dem Cometen aufsuchen, in welcher seine Anziehungskraft und die der Sonne, sich das Gleichgewicht halten. Ich werde dabei annehmen, dass der HALLEY'sche Comet die Masse habe, welche LAPLACE, als eine von der Masse des Cometen von 1770 nicht erreichte Grenze angab, nämlich den fünftausendsten Theil der Erdmasse. Hiernach wäre die Masse des Cometen der 1785000000. Theil der Sonnenmasse und die gesuchte Entfernung wäre der 42250. Theil der Entfernung des Cometen von der Sonne; ein so weit von ihm entfernter Punct erschien, zur Zeit der Erdnähe, in einem Abstande von 23″, während der Nebel sich wenigstens 4 Minuten weit erstreckte. Obgleich diese Schätzung keine Sicherheit dafür gewähren kann, dass der Nebel sich wirklich über die Wirkungssphäre des Cometen erstreckt hat, so giebt sie doch auch keinen Grund, das Gegentheil anzunehmen.

Eine Schwierigkeit der Vergleichung der Formel mit den Beobachtungen liegt in der unbestimmten Begrenzung des Nebels, welche nicht erlaubt, eine Grenze für seine Entfernung anzugeben. Indessen zweifle ich nicht, dass sich, zur Zeit der Erdnähe, noch in 4 Minuten Entfernung von dem Kerne, Nebel befunden habe; welche Schätzung, mit der damals stattfindenden Entfernung (log = 9,27038) verbunden

$$\varepsilon = 0{,}0002169$$

ergiebt. Da zu derselben Zeit log $r = 9{,}96846$ war, so erhält man, wenn man f vernachlässigt,

$$\log \frac{gg}{1-\mu}\ 6{,}70028.$$

Zu diesem Resultate werde ich später zurückkehren.

12.

Eine Erscheinung, über deren Vorhandensein meine Beobachtung vom 22. October keinen Zweifel lässt, welche sich aber noch vollständiger aus den Beobachtungen von Heinsius im Jahre 1744 erkennen lässt, ist, dass Theilchen, welche in spitzen Winkeln mit dem Radiusvector ausgehen, im Verfolge ihrer Bewegung aufhören, sich der Sonne zu nähern, und dann anfangen sich von ihr zu entfernen, so dass sie sich in dem, von der Sonne abgewandten Schweife fortbewegen (§. 6).

Wenn man zuerst annimmt, dass die Bewegung dieser Theilchen, so wie an ihrem Anfange, auch noch bei ihrem Ausgange aus der Wirkungssphäre des Cometen, in einem spitzen Winkel mit dem Radiusvector vor sich gegangen sei, so lassen diese Beobachtungen keinen Zweifel darüber, dass $1 - \mu$, für beide Cometen, einen positiven Werth gehabt hat, oder dass μ, wenn nicht negativ, doch kleiner als 1 gewesen ist. Denn der Ausdruck von μ enthält, 219 für beide Cometen, welche ihre Perihelien noch nicht erreicht hatten, für welche also v negativ war, für Werthe von F und G zwischen 0 und -90°, nur ein einziges positives Glied, nämlich das erste der in $\frac{\pi}{2}$ multiplicirten; für Werthe von F und G zwischen 0 und 90° erhält er dieselbe Eigenschaft, wenn man ihn nach den Potenzen einer sehr wenig von τ verschiedenen Grösse τ', welche mit der ersteren durch die Gleichung

$$\tau = \tau' - \tfrac{4}{3} \frac{e \sin \tau}{r \sqrt{p}} \tau' . \tau'$$

verbunden ist, ordnet. Indem dennoch die Theilchen aufgestiegen sind, muss $1 - \mu$ einen positiven Werth gehabt haben, einen so grossen positiven Werth, dass er sämmtliche negative Glieder überwogen hat.

Um diesen Schluss von der Annahme zu befreien, dass Theilchen, welche am Anfange ihrer Bewegung sich in spitzen Winkeln gegen den Radiusvector bewegt haben, auch in solchen Winkeln aus der Wirkungssphäre des Cometen gegangen seien, darf man nur bemerken, dass ihre Bewegungen nur dann von der Richtung nach der Sonne abwärts gekrümmt werden können, wenn $\mu < 1$ ist.

Denn, indem sie sich Anfangs zu der Sonne bewegen, und selbst in dem ungünstigsten Falle $\mu = 1$, aus diesem Grunde, eine grös-
220 sere Anziehung erleiden als der Comet, so folgt, dass die Winkel ihrer Richtungen mit dem Radiusvector, selbst in diesem Falle, also noch mehr in dem Falle $\mu > 1$, nur spitzer, nicht stumpfer werden können.

Man kann also das Aufsteigen der in einem spitzen Winkel mit der Richtung nach der Sonne ausströmenden Theilchen, als einen unzweideutigen Beweis eines positiven Werthes von $1 - \mu$ ansehen. Unter der Voraussetzung, dass der Nebel auf der Sonnenseite sich ausserhalb der Wirkungssphäre des Cometen befinde, giebt das im vor. Art. untersuchte Maximum seiner Entfernung einen zweiten Beweis dafür, denn dann ist $\varepsilon - f$ nothwendig positiv.

Indessen kann man, durch weitere Verfolgung der an den Cometen wahrgenommenen Erscheinungen, namentlich durch die Betrachtung ihrer Schweife, noch beträchtlich weiter, auch bis zu einer Bestimmung des Werthes von $1 - \mu$ gelangen. Ich werde daher die entwickelte Theorie auf die Figur der Schweife anwenden; vorher aber die Umformung der Ausdrücke von ξ und η mittheilen, welche durch die Einführung der oben schon erwähnten, durch τ' bezeichneten Grösse erlangt wird, denn unter dieser Form ergeben die Ausdrücke die daraus zu ziehenden Folgerungen leichter. Man erhält, nach τ' geordnet:

219
$$\begin{aligned}
\xi = & -f \cos F - \left(g \cos G + f \sin F \frac{\sqrt{p}}{rr}\right) \tau' \\
& + \Big\{ \frac{1-\mu}{rr} - g \sin G \frac{2\sqrt{p}}{rr} + g \cos G \frac{4 e \sin v}{3 r \sqrt{p}} \\
& - f \cos F \left(\frac{2\mu}{r^3} + \frac{p}{r^4}\right) + f \sin F \frac{10 e \sin v}{3 r^3} \Big\} \frac{\tau' \tau'}{2} \\
& - \Big\{ g \cos G \left(\frac{4\mu}{r^3} + \frac{3p}{r^4}\right) - g \sin G \frac{14 e \sin v}{r^3} \Big\} \frac{\tau'^3}{6} \\
\eta = & \, f \sin F + \left(g \sin G - f \cos F \frac{\sqrt{p}}{rr}\right) \tau' \\
& - \Big\{ g \cos G \frac{2\sqrt{p}}{rr} + g \sin G \frac{4 e \sin v}{3 r \sqrt{p}} + f \sin F \left(\frac{\mu}{r^3} - \frac{p}{r^4}\right) \\
& - f \cos F \frac{10 e \sin v}{3 r^3} \Big\} \frac{\tau' \tau'}{2} \\
& + \Big\{ (1-\mu) \frac{2\sqrt{p}}{r^4} + g \sin G \left(\frac{\mu}{r^3} + \frac{3p}{r^4}\right) + g \cos G \frac{14 e \sin v}{r^3} \Big\} \frac{\tau'^3}{6}
\end{aligned}$$

Die Gleichung der Curve, in welcher Theilchen sich zur Zeit t befinden, welche früher aus der Wirkungssphäre des Cometen, immer an demselben Puncte, mit gleicher Geschwindigkeit und in gleicher Richtung ausgegangen sind, erhält man, wenn man τ' aus diesen Ausdrücken von ξ und η eliminirt. Indem ich schon bemerkt habe, dass das in das Quadrat von τ' multiplicirte Glied des ersten Ausdruckes dasjenige ist, welches das Aufsteigen der Theilchen erklärt, und indem Glieder von der Ordnung von f und g sowohl in die erste, als in die dritte, nämlich sowohl in die niedrigere, als in die höhere Potenz von τ' multiplicirt sind, folgt, dass wenn das Aufsteigen sich nicht etwa erst geraume Zeit nach dem Ausgange aus der Wirkungssphäre des Cometen, sondern schon für die Werthe von τ' einfinden soll, für welche man den Ausdruck von ξ als schnell convergirend annehmen kann, dass, sage ich, f und g, vergleichungsweise mit $1 - \mu$, kleine Grössen sind. Man erhält also einen genäherten Werth von τ', wenn man die Gleichung: 220

$$\xi = a + b\,\tau' + c\,\frac{\tau'^2}{2} + d\,\frac{\tau'^3}{6}$$

in welcher a, b, c, d Bezeichnungen der oben gegebenen Ausdrücke der Coefficienten sind, ohne Rücksicht auf ihr drittes Glied auflöst, oder

$$\tau' = \frac{R - b}{c},$$

setzt, wo 221

$$R = \sqrt{\{2c\,(\xi - a) + bb\}}$$

ist. Nimmt man auch auf das letzte Glied Rücksicht, so erhält dieser Ausdruck noch eine kleine Verbesserung und wird, mit noch stärkerer Annäherung

$$\tau' = \frac{R - b}{c} - \frac{dRR}{6c^3}$$

Setzt man ihn in den Ausdruck von η, nämlich in 222

$$\eta = a' + b'\,\tau' + c'\,\frac{\tau'^2}{2} + d'\,\frac{\tau'^3}{6}$$

und vernachlässigt man Grössen von der Ordnung der Quadrate und Producte von f und g, so erhält man

$$\eta = a' + \frac{b'}{c}\,R + \frac{cc' - bd'}{2c^2}\,R^2 + \frac{d'}{6c^3}\,R^3$$

und, nach der Substitution der Werthe von a', b', c', d',

$$221\quad \eta = f\sin F + (g\sin G\, rr - f\cos F\sqrt{p})\,\frac{R}{1-\mu} - \Big\{ g\sin G\,\frac{2\,r^3 e\sin v}{3\sqrt{p}} + f\sin F\left(\frac{\mu r - 3p}{2}\right) - f\cos F\,\tfrac{5}{3}\,re\sin v \Big\}\,\frac{R^2}{(1-\mu)^2} + \frac{rr\sqrt{p}}{3}\,\frac{R^3}{(1-\mu)^3}.$$

Dieses ist die Gleichung der Curve, in welcher, zur Beobachtungszeit, Theilchen sich befinden, welche vor derselben, mit gegebenen Werthen von f, F, g, G, aus der Wirkungssphäre des Cometen ausgegangen sind.

Wendet man sie auf Puncte dieser Curve an, welchen einigermassen grosse Werthe von ξ zugehören, für welche also das zweite Glied des Ausdrucks von RR, vergleichungsweise mit dem ersten, sehr klein ist, und vernachlässigt man, um eine einfachere Uebersicht zu erhalten, Grössen von der Ordnung des Halbmessers f der Wirkungssphäre des Cometen, so verwandelt sich der Ausdruck von η in

$$\eta = g\sin G\,\frac{r}{\sqrt{(1-\mu)}}\,\sqrt{(2\,\xi)} - g\sin G\,\frac{2\,re\sin v}{3\sqrt{p}}\cdot 2\,\xi + \frac{\sqrt{p}}{3r}\,\frac{(2\,\xi)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{(1-\mu)}}$$

Dividirt man ihn durch ξ, so ergiebt er die Tangente des Winkels eines Punctes der Curve mit der Verlängerung des Radiusvectors, nämlich:

$$\operatorname{tang}\varphi = g\sin G\,\Big\{\frac{r\sqrt{2}}{\sqrt{(1-\mu)}\sqrt{\xi}} - \frac{4\,re\sin v}{3\sqrt{p}}\Big\} + \frac{2\sqrt{(2p)}}{3r}\,\frac{\sqrt{\xi}}{\sqrt{(1-\mu)}}.$$

13.

Diese Formel werde ich jetzt mit meiner Beobachtung der Richtung des Schweifes am 15. October, welche ich im 1. Art. angeführt habe, vergleichen. Zur Zeit derselben war der Ort des Cometen:

$$\text{AR.} = 238^0\ 46'\ 20''\quad \text{Decl.} = 32^0\ 18'\ 26'';$$

der Ort γ Draconis, von welchem Sterne die Richtung einen halben Grad links vorbeiging, war

$$\text{AR.} = 268^0\ 11'\ 37''\quad \text{Decl.} = 51^0\ 30'\ 52''.$$

Hieraus folgt die Entfernung beider $= 28^0\ 46'7$ und der Positionswinkel des Sterns an dem Cometen $= 39^0\ 25'$, wozu aber noch $1^0\ 2'$ addirt werden müssen, indem die Richtung des Schweifes in

30′ Entfernung links von dem Sterne vorbeiging. Die Sonne hatte, zu derselben Zeit, an dem Cometen, den Positionswinkel 229°6. 222 Der Schweif machte also einen Winkel von 8° 39′ mit der der Sonne entgegengesetzten Richtung, und zwar nach der Seite, von welcher der Comet herkam, derselben auf welcher η' und φ positiv sind. Reducirt man diese Angaben auf die Ebene der Bahn, was nach den Formeln §. 3 geschieht, so findet man

$$\varphi = 9^0\ 4'.$$

Indem der Punct der Axe des Schweifes, auf welchen diese Bestimmung sich bezieht, 14° 23′35 von dem Cometen abstand, erhält man durch die Formeln §. 3, unter Voraussetzung $\log \varrho = 9{,}33631$, seine Entfernung von dem Cometen $= 0{,}055484$ und $\xi = 0{,}054791$. Man hat ferner für die Zeit der Beobachtung

$$\log r = 9{,}94936$$
$$v = -\ 72^0\ 8'$$

und durch die bekannten Elemente der Bahn,

$$\log p = 0{,}06624\,;\ e = 0{,}98572.$$

Mit diesen Elementen giebt die Formel:

$$\operatorname{tang} \varphi = g \sin G \left\{ \frac{5{,}3767}{\sqrt{(1-\mu)}} + 1{,}0314 \right\} + \frac{0{,}26762}{\sqrt{(1-\mu)}}$$

Setzt man für g sin G die Grenzen der Werthe, welche es hat, so ergiebt diese Formel offenbar die Winkel der Grenzen des Schweifes mit der Verlängerung des Radiusvectors, also auch die Ausdehnung desselben in der Breite. Nimmt man das Mittel aus allen Werthen von $g \sin G$ als verschwindend an, oder setzt man voraus, dass der Comet die Schweifmaterie nicht vorzugsweise nach einer Seite des Radiusvectors ausgeströmt habe, so gilt das letzte Glied der Formel für die Axe des Schweifes, und man erhält die Gleichung

$$\operatorname{tang}\ 9^0\ 4' = \frac{0{,}26762}{\sqrt{(1-\mu)}}$$

woraus $1 - \mu = 2{,}812$, also $\mu = -\ 1{,}812$ hervorgeht.

Nach dieser Bestimmung des Werthes von $1 - \mu$, würde man die Grenzen von $g \sin G$ erkennen können, wenn man die Ausdehnung des Schweifes in der Breite beobachtet hätte. Dieses ist nicht geschehen, weil seine Grenzen zu unbestimmt waren und ich 223

auch kein grosses Gewicht auf ihre Beobachtung legte; ich glaube aber, dass die Breite des Schweifes, soweit er noch deutlich unterschieden werden konnte, in der angegebenen Entfernung von dem Cometen, kleiner war als 3°; dass man also, durch diese Annahme, die Grenzen von g sin G nicht zu eng erhält. Legt man sie der Rechnung zum Grunde, so findet man dieselben

$$= \pm\, 0{,}006330.$$

Die erlangte Kenntniss des Werthes von μ macht eine Schätzung des Werthes von g möglich. Die auf die Ausdehnung des Nebels auf der Sonnenseite des Cometen gegründete Gleichung am Ende des 11. Art., nämlich

$$\log \frac{gg}{1-\mu} = 6{,}70028$$

ergiebt, durch die Anwendung des erhaltenen Werthes von μ,

$$\log g = 8{,}57469.$$

Dieses g ist die Ausgangsgeschwindigkeit der Theilchen, bezogen auf die Zeiteinheit, welche das Reciproke der Gauss'schen Zahl k ist. Nimmt man den Tag zur Zeiteinheit, so erhält man das darauf bezogene $g = 0{,}000646$, oder etwa $= 15{,}5$ Halbmesser der Erde.

Die Vergleichung des Werthes von g, mit den Grenzen von g sin G zeigt, dass der Comet entweder nur in der Nähe der Richtung nach oder von der Sonne Schweifmaterie ausgeströmt hat, oder dass die Geschwindigkeit ihrer Ausströmung desto geringer geworden ist, je weiter ihre Richtung sich von jener entfernt hat. Denn wenn man alle Ausgangsgeschwindigkeiten gleich dem für die Ausströmung im Scheitel gefundenen Werthe derselben annimmt, so findet man G in den Grenzen $\pm\, 9^0\, 42'$ oder $180^0 \pm 9^0\, 42'$ eingeschlossen; hat G weitere Grenzen gehabt, oder hat der Comet in allen Richtungen ausgeströmt, so muss die Geschwindigkeit desto kleiner geworden sein, je grösser sin G geworden ist, denn das Product g sin G hat die angegebenen engen Grenzen. Dem Urtheile hierüber kommen meine Beobachtungen vom 22. und 25. Oct. zu Hilfe, welche sichtbar ausströmende Materie in grösseren Winkeln mit der Richtung der Sonne, zeigen; noch weit deutlicher zeigen die Figuren von Heinsius dergleichen, sich von dieser Richtung fast einen rechten Winkel entfernende Ausströmungen, dennoch aber einen sehr langgestreckten, wenig breiten Schweif des Cometen.

Man muss daraus schliessen, dass die Ausströmungsgeschwindigkeit desto kleiner geworden ist, je grösser der Sinus der Neigung ihrer Richtung gegen den Radiusvector wurde. 224

Um die Vergleichung der Theorie mit dem HALLEY'schen Cometen vollständig zu machen, bemerke ich noch, dass die nahe gerade Richtung des Schweifes, welche ich am 15. October beobachtete, mit der Formel am Ende des 12. Octobers nicht vereinbar ist, wenn gleich diese jedesmal eine Krümmung des Schweifes fordert. Man darf, um sich hiervon zu überzeugen, nur die Entfernung aufsuchen, in welcher ein Punct in der Axe und in der Entfernung $\frac{1}{2}\xi$ von dem Cometen, sich von der geraden Linie, welche den Cometen und den beobachteten Punct des Schweifes verbindet, befunden hat. Für den ersteren Punct ist

$$\eta' = \frac{\sqrt{p}}{3r} \frac{\xi^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{(1-\mu)}}$$

für den anderen

$$\eta = \frac{\sqrt{p}}{3r} \frac{(2\xi)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{(1-\mu)}};$$

die Entfernung des ersteren, von der nach dem anderen gezogenen geraden Linie ist daher

$$\eta' - \frac{1}{2}\eta = -\frac{\sqrt{p}}{3r} \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{(1-\mu)}} \xi^{\frac{3}{2}};$$

wenn man sie durch $\frac{1}{2}\xi$ dividirt, so erhält man den Winkel, welchen der erste Punct und die nach dem zweiten gezogene gerade Linie, am Cometen einschliessen

$$= \frac{-2\sqrt{p}}{3r} \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{(1-\mu)}} \sqrt{\xi},$$

oder

$$= -\operatorname{tgt} \varphi \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}}.$$

Das Product dieses Winkels in die halbe Entfernung des Punctes, auf welchen die Beobachtung sich bezieht, ist nahe die scheinbare Entfernung des gekrümmten Schweifes von der oft erwähnten geraden Linie. Man erhält, auf diese Art, etwa 20′ dafür; eine Grösse, welche sich nothwendig mit der Undeutlichkeit des Schweifes, bis zum Unkenntlichwerden vermischen musste.

Ich werde noch die Zeit bestimmen, welche, der Theorie zufolge, zum Aufsteigen der Theilchen, bis zu dem beobachteten

Puncte des Schweifes, verwandt worden ist. Man hat, nach der Formel Art. 12

$$\tau' = \frac{R-b}{c} - \frac{dRR}{6c^2}$$

und wenn man die Grössen der zweiten Ordnung, sowie auch f vernachlässigt:

$$\begin{aligned} \tau' = \frac{r\sqrt{(2\xi)}}{\sqrt{(1-\mu)}} \Big\{ 1 &+ g \sin G \frac{\sqrt{p}}{1-\mu} - g \cos G \frac{2\, er \sin v}{3(1-\mu)\sqrt{p}} \Big\} \\ &+ g \cos G \frac{rr}{1-\mu} + \frac{\xi}{(1-\mu)^2} \Big\{ g \cos G \frac{(4\mu r + 3p)}{3} \\ &- g \sin G \frac{14}{3} er \sin v \Big\} \end{aligned}$$

225 Für Theilchen, welche sich der Sonne zu, von dem Cometen entfernt haben, für welche also $G = 0$ ist, giebt diese Formel:

$$\tau = 0{,}18064$$

und man erhält dadurch

$$\tau = 0{,}20177$$

oder in Tagen ausgedrückt

$$\tau = 11{,}73.$$

Nach dieser Rechnung sind also die Theilchen, welche sich zur Beobachtungszeit = October 15,23, in dem beobachteten Puncte des Schweifes befanden, zwischen dem 3. und 4. October von dem Cometen ausgegangen; höhere, auch noch bemerkbare Theilchen, also noch früher. Dass diese Zeit, mit der Zeit des sichtbaren Anfanges der Ausströmung so nahe zusammentrifft, ist vermuthlich nur zufällig; doch kann man in der Folge auch hierauf aufmerksam sein.

Nachdem ich nun alle Erscheinungen, welche der Halley'sche Comet mir gezeigt hat, mit der Theorie zusammengehalten habe, muss ich noch Einiges über die Sicherheit der erlangten Bestimmung des Werthes von μ hinzufügen. Wenn auch nicht zu erwarten ist, dass so rohe Beobachtungen, wie die der Richtung eines Cometen-Schweifes nothwendig sind, eine genaue Bestimmung dieses Werthes gewähren, so kann doch auch nicht bezweifelt werden, dass sie eine Annäherung an denselben geben. Der Anblick der Formel am Ende des 12. Art. zeigt unmittelbar, dass ein kleiner, oder gar ein verschwindender Werth von $1 - \mu$, mit der Erscheinung

langgestreckter, nicht sehr beträchtlich gekrümmter und der Sonne näherungsweise entgegengesetzter Cometen-Schweife, unvereinbar ist. Die Mittellinie des Schweifes, auf welche das letzte Glied der Formel sich bezieht, würde einen zwar anfangs verschwindenden, aber mit ξ schnell wachsenden Winkel mit dem Radiusvector erhalten, so dass nicht nur die Krümmung derselben sehr beträchtlich werden, sondern auch seine Richtung sich schnell der, auf die der Sonne senkrechten nähern würde. Das erste Glied der Formel würde, für einen merklichen Werth von $g \sin G$, eine beträchtliche Grösse erhalten und also dem Schweife eine grosse Ausdehnung in der Breite geben. Man sieht hieraus, dass kleine Werthe von $1 - \mu$ wohl mit mehr oder weniger runden Nebelhüllen der Cometen, nicht aber mit solchen Schweifen vereinbar sind, wie viele Cometen sie zeigen. Man kann also an der — wirklichen oder scheinbaren (§. 9) — abstossenden Kraft der Sonne, in Beziehung auf die Cometen-Schweife, nicht zweifeln.

14.

Der Ausdruck von η durch ξ (Art. 12) zeigt unmittelbar, dass alle von dem Cometen ausgehenden Theilchen, sobald sie die kleinen Werthe von ξ, für welche dieser Ausdruck nicht anwendbar ist, 226 überschritten haben, eine und dieselbe Curve beschreiben, wenn das Product $g \sin G$ einen beständigen Werth hat. Die zwischen $G = 0$ und $G = 180^0$ ausgehenden beschreiben dann einen Schenkel der Curve; die zwischen $G = 0$ und $G = -180^0$ ausgehenden den anderen.

Dieses Resultat der Theorie scheint mir sehr merkwürdig zu sein, indem es die Erscheinung vollständig erklärt, welche der Comet von 1811 gezeigt hat. Bei diesem Cometen bewegten sich nämlich die Schweiftheilchen in den beiden Schenkeln einer etwa parabolisch gekrümmten Linie oder in der durch Drehung einer solchen Linie um ihre Axe entstehenden conoidischen Oberfläche. Beides ist gleich gut vereinbar mit der Theorie, welche eine Curve ergiebt, wenn die Ausströmungen nur in der Ebene der Bahn stattfinden; eine Oberfläche, wenn sie in allen Ebenen vor sich gehen.

Auch die Heinsius'schen Beobachtungen des Cometen von 1744

zeigen, noch aus einem anderen Grunde, als dem, im 13. Art., aus der Ausdehnung seines Schweifes in der Breite hergenommenen, dass das Product g sin G nahe beständig gewesen ist. Denn die in spitzen Winkeln mit dem Radiusvector ausgeströmte Materie fing am 31. Januar an, sich in zwei Schenkeln einer Curve aufwärts zu bewegen, welche sich, im Verfolge der Beobachtungen, immer mehr verlängerten, ohne deshalb bedeutend an Breite zu gewinnen. Dass auch Ausströmungen, in Neigungen gegen den Radiusvector, welche sich dem rechten Winkel nähern, vorhanden waren, zeigen, wie ich schon im 13. Art. angeführt habe, die Zeichnungen von HEINSIUS: man kann also die geringe Breite der Schenkel des Schweifes nicht einem Mangel der Ausströmung in grösseren Winkeln von G zuschreiben, sondern muss sie durch eine Verschiedenheit ihrer Geschwindigkeit in verschiedenen Richtungen, welche dem Producte g sin G einen nahe oder ganz beständigen Werth giebt, erklären.

OLBERS führt mehrere Cometen an, von welchen selbst ihre mangelhaften Beschreibungen verstatten, anzunehmen, dass sie dem Cometen von 1811, in der Art der Bildung des Schweifes, ähnlich gewesen sind. Wenn spätere Beobachtungen das häufigere Vorkommen dieser Bildung bestätigen, so kann das Verhältniss zwischen der Geschwindigkeit und der Richtung der Ausströmung, welches die Cometen von 1744 und 1811 gezeigt haben, vielleicht als eine allgemeine Eigenschaft der Cometen nachgewiesen werden. Allein für solche Cometen, für welche es sich auch nicht aus den Beobachtungen nachweisen lässt, kann es auch nicht aus diesen bestritten werden; denn der gerade aufwärts gehende, nicht aus zwei getrennten Schenkeln bestehende Schweif eines Cometen, kann aus demselben Gesetze erklärt werden, welches nur deshalb einen anderen 227 Erfolg zeigt, weil die beständige Grösse, welcher g sin G gleich ist, einen kleineren Werth besitzt. Die auffallende Verschiedenheit der Figur des Schweifes, welche Cometen wie der von 1811 und wie der HALLEY'sche gezeigt haben, zwingt also nicht zu der Annahme einer Verschiedenheit der beiden zum Grunde liegenden Eigenschaften, sondern sie wird schon durch die Verschiedenheit der Grösse einer Constante erklärt, welche jedem derselben eigenthümlich ist. Ist diese Constante gross, so entfernen sich beide Schenkel des Schweifes weit voneinander; ist sie klein, so kommen

sie einander nahe und gewähren den Anblick eines ungetheilten Schweifes.

Die Bedingung, dass das Product g sin G eine beständige Grösse sei, fordert, in Worten ausgesprochen, dass die ausströmenden Theilchen, trotz ihrer verschiedenen Richtungen gegen den Radiusvector, sich sämmtlich mit gleicher Geschwindigkeit von diesem entfernen. Parallel mit dem Radiusvector besitzen sie also Geschwindigkeiten, welche sich zu der vorigen verhalten, wie die Cotangente des Winkels ihrer Bewegung mit dem Radiusvector, sich zum Radius verhält. Diese Geschwindigkeiten werden also desto grösser, je kleinere Neigungen gegen den Radiusvector die Bewegungen der Theilchen haben; die Theilchen fliehen von dem Mittelpuncte des Cometen, nach entgegengesetzten Richtungen, mit desto grösserer Geschwindigkeit, je mehr ihre Richtung sich der Richtung des Radiusvectors nähert. Dieses ist das reine Resultat der Beobachtungen, keine willkürliche Annahme liegt ihm zum Grunde. Die Beobachtungen geben es nicht so bestimmt, dass sie die Möglichkeit einer kleinen Unbeständigkeit des Productes g sin G zurückwiesen; allein sie lassen darüber keine Unsicherheit, welche seine Richtigkeit im Ganzen zu bezweifeln erlaubte. Wir besitzen auch eine Beobachtung, welche ein gleichzeitiges Ausströmen der Lichtmaterie an entgegengesetzten Theilen eines Cometen sichtbar zeigt, also, ohne alles Raisonnement, die Bewegung in entgegengesetzten, nach und von der Sonne gewandten Richtungen darthut; dieses ist die Beobachtung von Heinsius vom 31. Januar 1744.

Ich glaube, dass das, was ich im vorigen und im gegenwärtigen § angeführt habe, eine zweite Wirkung einer, sich gleichfalls auf die Sonne beziehenden Polarkraft auf dem Cometen ebenso wenig bezweifeln lässt, als die beobachteten Schwingungen die erste zweifelhaft gelassen haben.

15.

Der Comet von 1811 zeigte nicht vorzugsweise in der Richtung der Sonne eine sichtbare Ausströmung, sondern alle Theile seiner Oberfläche schienen die Lichtmaterie gleichmässig von sich zu entfernen; zugleich zeigte die Figur seines Schweifes, dass ihm ein

228 grösserer Werth der Constante g sin G zugehörte. Eine solche grössere Geschwindigkeit der Bewegung der Theilchen in senkrechter Richtung auf den Radiusvector, hat zur Folge, dass die Winkel ihrer Ausströmungen mit demselben, im Ganzen grösser werden, als im Falle einer kleineren. Ich bemerke dieses, weil es vielleicht der Grund der Sichtbarkeit der Ausströmung des einen Cometen zur Sonne, und ihrer Unsichtbarkeit bei einem anderen sein kann; doch eben diese Sichtbarkeit, oder der auffallende Unterschied zwischen den Begrenzungen des der Sonne zu ausströmenden Kegels und der in anderen Richtungen ausströmenden Materie, welchen sowohl der Halley'sche Comet, als der von 1744 gezeigt haben, macht viel wahrscheinlicher, dass beide Ausströmungen verschiedene Ursachen haben, oder nicht durch einen stetigen Uebergang von kleineren Geschwindigkeiten zu grösseren erklärt werden dürfen. Die Ausströmung nach allen Richtungen erscheint dann als die Folge einer gemeinschaftlichen Wirkung der Sonne auf alle Theile der Cometen, während die sichtbare Ausströmung nach der Sonne ihrer vorzugsweisen Wirkung auf ihr zugewandte Theile der Oberfläche zuzuschreiben ist. Dass, unter dieser Annahme, beide Ausströmungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten stattfinden, so wie auch sonst verschiedene Bedingungen erfüllen können, ist nicht zu bezweifeln.

Nach dem Urtheile von Olbers ist nicht zu bezweifeln, dass Messier, an dem Cometen von 1769, zwei verschiedene Schenkelpaare gesehen hat. Diese gehen aus der Formel (§. 12) hervor, wenn man dem Producte g sin G zwei verschiedene beständige Werthe beilegt, den einen zugehörig einem Theile der ausströmenden Materie, den anderen einem anderen Theile derselben. Diese Erscheinung aber, noch über ihre Erklärung im Allgemeinen hinaus, zu verfolgen, verbietet die Mangelhaftigkeit der Wahrnehmung derselben.

Eine sehr verschiedene Erscheinung zeigte der Comet von 1807. Vom 22. October an, wurden an demselben zwei Schweife bemerkt, welche beide in gleicher Richtung von dem Kerne ausgingen, allein sich schon in der Entfernung von einem Grade trennten: der eine war der der Sonne entgegengesetzten Richtung näher und beinahe gerade; nach einer Zeichnung vom 22. October, welche ich in meinen Lilienthaler Tagebüchern finde, konnte ich diesen Schweif

etwa $4^1/_2{}^0$ weit verfolgen und den Positionswinkel seiner Richtung auf etwa 62^0 schätzen. Der andere Schweif konnte etwa nur 3^0 weit unterschieden werden; er war stark gekrümmt und in der Breite weit ausgedehnter als der erste; der grösste Kreis, durch den Cometen und den äussersten sichtbaren Punct der Axe dieses Schweifes gelegt, hatte an dem Cometen einen Positionswinkel von etwa 83^0. Der Positionswinkel der Sonne am Cometen war zu derselben Zeit 233^0 48′, so dass also das Ende des einen Schweifes etwa 8^0, das des anderen etwa 29^0, gegen die ihr entgegengesetzte Richtung 229 geneigt zu sein schien. Diese Beobachtung weiter durch die Rechnung zu verfolgen, habe ich unterlassen, weil sie zu unvollkommen ist; indessen stellt sie die Thatsache, welche übrigens von allen damaligen Astronomen bemerkt worden ist, im Ganzen fest. Dergleichen, in gleicher Richtung von einem Cometen ausgehende, sich später aber trennende Schweife, lassen, verglichen mit der Formel §. 12, keinen Zweifel über das Vorhandensein zweier verschiedenen Werthe der abstossenden Wirkung der Sonne, deren einer einen Theil der ausströmenden Materie bewegt, der andere einen anderen.

Dass das Vorhandensein der Schweife der Cometen im Allgemeinen, nach der Bemerkung am Ende des §. 13, über die Wirkung einer Kraft, welche von der gewöhnlichen anziehenden Kraft der Sonne bedeutend verschieden ist, keinen Zweifel übrig lässt; und da der HALLEY'sche Comet, für welchen ich ihre Grösse habe bestimmen können, sie als eine Abstossung von fast doppelter Grösse der gewöhnlichen Anziehung, zu erkennen gegeben hat, so ist kein Zweifel mehr vorhanden, dass diejenigon Theile der Cometen, welche die Schweife bilden, die Einwirkung einer abstossenden Kraft der Sonne erfahren. Ob aber diese abstossende Kraft, in ihrer Grundeigenschaft, von der gewöhnlichen Kraft der Sonne verschieden, oder nur eine Folge des Aufsteigens der Schweiftheilchen in einem weit dichteren, dennoch aber nicht merklich widerstehenden Aether ist (§. 9), ist hieraus nicht zu entscheiden. Wenn man die letztere Erklärung derselben annimmt, so zeigt der eben angeführte Comet von 1807, dass Schweiftheilchen von zwei verschiedenen specifischen Gewichten vorhanden sein können; wenn man eine wirklich abstossende Kraft annimmt, so ist ihre Stärke für verschiedene Schweiftheilchen verschieden.

Es sind aber andere Erscheinungen vorhanden, welche durch die Annahme eines nicht widerstehenden Aethers, von beträchtlich grösserer Dichtigkeit als die Schweiftheile der Cometen, nicht erklärt werden können. Die schwingende Bewegung der Ausströmung des HALLEY'schen Cometen hat nämlich die Wirkung einer Polarkraft in demselben dargethan; und dieselbe Kraft hat ihre Wirkung darin gezeigt, dass sie die ausströmenden Theilchen, mit beschleunigter Geschwindigkeit, in der Richtung der durch die Sonne und den Cometen gehenden Linie, sowohl zu der Sonne, als von derselben, trieb. Diese beiden Erscheinungen lassen sich durch die Annahme eines schweren, aber nicht widerstehenden Aethers nicht erklären. Auch ist die Möglichkeit, eine von der gewöhnlichen anziehenden Kraft der Sonne verschiedene Kraft, durch einen Aether zu erklären, nur vorhanden, wenn sie entweder eine kleine Anziehung, oder eine $\frac{1}{k}$ nicht überschreitende Abstossung ist (vgl. §. 9 am Ende); nicht aber wenn sie eine grössere Anziehung ist, von welchem Falle der 230 der Sonne zugewandte Schweif des Cometen von 1824 ein Beispiel giebt.

Die Fälle, welche man durch die Hypothese des Aethers möglicherweise erklären könnte, durch eine völlig hypothetische Ursache zu erklären, während man eine von der gewöhnlichen Anziehungskraft verschiedene, zur Erklärung der Abstossung der Theilchen durch die Sonne hinreichende Kraft, ohnedies anerkennen muss, dieses würde wenigstens gegen die erste der drei Regeln verstossen, welche NEWTON dem dritten Buche seiner Principien vorgesetzt hat. Uebrigens würde diese Hypothese fordern, dass die Schweiftheilchen als sie noch dem Cometen angehörten und sich der gewöhnlichen Anziehungskraft der Sonne unterworfen zeigten, vergleichungsweise mit dem Aether, eine sehr grosse Dichtigkeit besessen haben, welche, nach ihrer Trennung, in eine, demselben Masse nach, sehr kleine übergegangen sei. Aus allen diesen, mehr oder weniger gegen die Erklärung der Schweife der Cometen durch das Aufsteigen leichterer Theilchen in einem schwereren Aether sprechenden Gründen, erscheint diese Hypothese, auch in den Fällen, in welchen sie nicht als ganz unstatthaft zurückgewiesen werden kann, so wenig wahrscheinlich, dass man an dem, beziehungsweise auf die Cometen-

Schweife allgemeinen Vorhandensein, einer, von der gewöhnlichen Anziehungskraft der Sonne specifisch verschiedenen Kraft, nicht wohl zweifeln kann.

16.

Ich betrachte die schwingende Bewegung der sichtbaren Ausströmung des HALLEY'schen Cometen nach der Sonne, als eine Aeusserung derselben Kraft, welche die Bewegungen sich von dem Cometen entfernender Theilchen, parallel mit dem Radiusvector, nach entgegengesetzten Richtungen beschleunigte. Ich muss aber noch angeben, wie ich mir die Verbindung zwischen diesen Erscheinungen und der abstossenden Kraft vorstelle, welche die Sonne, sowohl auf die in ihrer Richtung ausgeströmten, als auf die im Schweife befindlichen Theilchen geäussert hat. Hier verlassen uns die unmittelbaren Beobachtungen. Eine fortgesetzte Erforschung aller Verhältnisse, unter welchen sich Polarkräfte zeigen, so wie wir sie der, in ununterbrochener Entwickelung begriffenen Erkenntniss der von solchen Kräften abhängigen Erscheinungen und der, schon oft darauf angewandten kraftvollen Analyse POISSON's, hoffentlich bald verdanken werden, muss die Lücke ausfüllen, welche die Beobachtungen offen lassen.

Meine Vorstellung von der Möglichkeit einer Verbindung aller, an den Cometen beobachteten Erscheinungen ist indessen die folgende. Jede Wirkung eines Körpers auf einen anderen kann in zwei Theile zerlegt werden, deren einer für alle Theile des letzteren gleich ist, während der andere aus den Unterschieden der Wirkungen auf verschiedene Theile entsteht. Wenn die Wirkung in sehr grossen Entfernungen der Körper von einander, sehr klein ist, so ist der 231 erste Theil derselben derjenige, welcher, bei einem Uebergange von diesen Entfernungen zu kleineren, zuerst merklich wird; der andere kann erst später eine merkliche Grösse erlangen. Im Falle eines Cometen, welcher in sehr grosser Entfernung zu der Sonne herabkömmt, zeigt sich also zuerst in allen seinen Theilen gemeinschaftliche Wirkung: ich nehme an, dass sie in einer Verflüchtigung von Theilchen bestehe, welche der Sonne feindlich polarisirt werden. Der andere, später merklich werdende Theil der Wirkung allein,

kann eine Polarisirung des Cometen selbst, sowie eine vorzugsweise Ausströmung nach der Sonne zu, zur Folge haben. Zeigen die Beobachtungen wirklich diese Erscheinungen, wie bei dem Cometen von 1744 und dem Halley'schen der Fall war, so kann nicht geläugnet werden, dass die Ausströmung, indem sie aus einem der Sonne zugewandten, also ihr freundlich polarisirten Theile der Oberfläche hervorgeht, auch dieselbe Polarisirung besitzt, welche die ausströmenden Theilchen der Sonne zu nähern sucht. Dass die ausgeströmten Theilchen dennoch von der Sonne zurückgestossen werden, wie die Beobachtungen zeigen, kann vielleicht dadurch erklärt werden, dass die Ausströmung in einem Raume stattfindet, welcher schon mit ihr feindlich polarisirter Materie gefüllt ist und fortdauernd damit gefüllt wird, wodurch die entgegengesetzten Polaritäten sich ausgleichen und die ausströmenden Theilchen desto mehr von ihrer ursprünglichen Eigenschaft verlieren und desto mehr die entgegengesetzte annehmen, je weiter sie sich von dem Kerne des Cometen entfernen.

Durch diese Ansicht werden alle Erscheinungen, welche ich an dem Cometen wahrgenommen habe, untereinander in Verbindung gesetzt. Weiter rechtfertigen kann man dergleichen Ansichten nicht, und ich bin gewiss nicht geneigt, dieses bei der meinigen zu versuchen. Aber weiter verfolgen darf man sie: von dieser Seite glaube ich bemerken zu dürfen, dass die angeführte Ansicht den zu der Sonne gewandten Schweif des Cometen von 1824 möglich erscheinen lässt, wenn man annimmt, dass dieser Comet dadurch eine Ausnahme von der Regel gemacht habe, dass seine Polarisirung sich früher eingefunden habe, als der umgebende, feindlich zur Sonne polarisirte Nebel. In diesem Falle wäre wirklich keine Leitung der Polarität der Ausströmung an einem Scheitel, zu der am anderen vor sich gehenden, vorhanden, und beide Ausströmungen könnten ihre ursprünglichen Bewegungen ungehindert fortsetzen. Der beobachtete Winkel der Richtungen beider Schweife dieses Cometen, oder vielmehr seine Abweichung von 180°, wird durch die oben entwickelte Theorie übrigens ohne alle Schwierigkeit erklärt.

Ich würde diese Ansicht leicht noch weiter verfolgen und die Einzelnheiten der beobachteten Erscheinungen damit in Verbindung bringen konnen; auch würde man nicht lange suchen dürfen, wenn

es darauf ankäme, Aehnlichkeiten zwischen diesen Erscheinungen und denen, welche man an der Electricität und dem Magnetismus beobachtet hat, aufzufinden. Ich glaube aber, eher schon zu weit, als nicht weit genug, gegangen zu sein und erlaube mir daher nur noch, auf Etwas aufmerksam zu machen, welches sich auf die Bewegung der Cometen bezieht.

17.

Die Ausströmung des HALLEY'schen Cometen, ohngefähr in der Richtung der Sonne, gab ihm, wie ich schon in der Beschreibung seines Ansehens (§. 1) angeführt habe, das Ansehen einer brennen- 232 den Rakete. Sie muss auch dieselbe Wirkung auf seine Bewegung gehabt haben, welche das Brennen einer Rakete auf die ihrige hat; sie muss ihm eine, ihrer eigenen entgegengesetzte Geschwindigkeit ertheilt haben. Denn nicht der Schwerpunct des Cometen selbst, sondern nur der gemeinschaftliche Schwerpunct des Cometen und der Ausströmung, kann, in jedem Augenblicke, einen Kegelschnitt nach den KEPLER'schen Gesetzen beschreiben; da die Ausströmung sich in jedem Augenblicke erneuert, die ausgeströmte Materie aber den Cometen verlässt, so muss sich die zurückstossende Wirkung der ersteren auf den Schwerpunct des Cometen, gleichfalls in jedem Augenblicke erneuern, oder sich als eine beschleunigende Kraft zeigen. Der Anblick der Lebhaftigkeit der Ausströmung, oder vielmehr das anscheinende Verhältniss ihrer Masse zu der Masse des Kerns, muss die Meinung erzeugen, dass die daraus hervorgehende störende Kraft der elliptischen Bewegung des Cometen merklich sein könne. Ich hoffe, dass die Reihe meiner Ortsbestimmungen des Cometen, welche, durch die Kraft des dazu angewandten grossen Heliometers, eine ausgezeichnete Genauigkeit erhalten hat, nach der genauen Bestimmung der verglichenen Sterne und der endlichen Reduction der Beobachtungen, hierüber aufklären wird. Ich gestehe, dass ich, wenn keine Wirkung dieser Art sich zeigen sollte, für wahrscheinlicher halten würde, dass der sichtbaren Ausströmung durch entgegengesetzte unsichtbare Ausströmungen entgegengewirkt sei, als dass sie an sich ohne merklichen Einfluss gewesen wäre. Die fleissigen Untersuchungen unseres vortrefflichen ARGELANDERS,

über die Bewegung des Cometen von 1811, schienen Wirkungen dieser Art anzudeuten, welche ich mir damals (S. 77 der ARGELANDER'schen Schrift) auf eine ähnliche Art zu erklären suchte. Die weit genaueren Beobachtungen des gegenwärtigen Cometen werden, in dieser Untersuchung, weit mehr Kraft haben, als die Beobachtungen des Cometen von 1811.

Ich mache noch darauf aufmerksam, dass sorgfältige Beobachtungen über die Schweife der Cometen (welche sich freilich nicht an allen Cometen anstellen lassen), der Grund eines Urtheils über das Dasein eines widerstehenden Aethers im Weltraume werden können. Man begreift leicht, dass der Widerstand sich ohne Vergleich stärker äussern muss, als er sich auf die Cometen selbst äussert, wenn er sich auf Theilchen äussert, deren Dichte, vergleichungsweise mit der Dichte des Cometen selbst, nur unmerklich sein kann. Sorgfältige Beobachtungen über den Kern, den Nebel und den Schweif eines Cometen verheissen, im Allgemeinen, neue Einsichten in die Physik des Himmels. Ich hoffe, dass wir wesentliche Beiträge zu den von mir, an dem HALLEY'schen Cometen gemachten Wahrnehmungen, von verschiedenen Seiten erhalten werden, vorzüglich von den Besitzern grosser Fernröhre, namentlich von Herrn Etatsrath STRUVE, Sir JAMES SOUTH und Sir JOHN HERSCHEL: die des letzteren können einen Zuwachs ihrer, ohnehin zu erwartenden Wichtigkeit, dadurch erhalten, dass der Comet auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung zu einer Zeit gut sichtbar geworden ist, zu welcher er auf unseren nördlichen Sternwarten nicht mehr unter vortheilhaften Umständen erschien. Machen diese erwarteten Beiträge es nöthig, auf diese Materie zurückzukommen, so werde ich dieses nicht versäumen. Auch hoffe ich Musse zu finden, vorhandene Beschreibungen der Schweife einiger Cometen, zur Bestimmung der Grösse der auf sie wirkenden Kraft der Sonne zu benutzen.

Bessel.

II.

UEBER DIE STABILITÄT KOSMISCHER MASSEN UND DIE PHYSISCHE BESCHAFFENHEIT DER COMETEN.

„Neue verborgene Kräfte aber zum Behuf gewisser Erscheinungen auszudenken, die mit den schon bekannten nicht in genugsam durch Erfahrung beglaubigter Verbindung stehen, ist ein Wagstück, das eine gesunde Naturwissenschaft nicht leichtlich einräumt.“ Kant, VI. 407.

1. *Allgemeine Bedingungen für die Stabilität des Aggregatzustandes der Körper.*

Die analytische Betrachtung freier, ihren eigenen Kräften überlassener, flüssiger Massen hat sich bisher lediglich darauf beschränkt, die Gestalten zu bestimmen, welche diese Massen im ruhenden oder bewegten Zustande den Gesetzen des Gleichgewichtes gemäss annehmen müssen. Die Bedingungen aber, an welche die Stabilität des Aggregatzustandes jener Massen geknüpft ist, blieben hierbei unberücksichtigt. Bei einer genaueren Untersuchung dieser Bedingungen bin ich auf Grund bekannter physikalischer Gesetze zur Deduction von Erscheinungen gelangt, deren allgemeiner Character mit einer Klasse bisher räthselhafter kosmischer Phänomene in so grosser Uebereinstimmung ist, dass die Wahrscheinlichkeit auch einer Identität der Ursachen zwischen den deducirten und beobachteten Erscheinungen eine sehr grosse wird.

Der trofbar-flüssige Aggregatzustand der Körper ist im Allgemeinen nur abhängig vom Drucke und der Temperatur, so dass, innerhalb gewisser Grenzen, beide Grössen zusammengehörige, und für den Zustand des Körpers characteristische Werthe darstellen.

Die Untersuchungen von THOMAS ANDREWS[1]) scheinen die Annahme zu rechtfertigen, dass es für jeden Körper eine obere Grenze der Temperatur gebe, über welcher keine Werthe des Druckes im

---

1) On the Continuity of the gaseous and liquid states of matter. Philosophical Transactions Vol. 159. p. 575—590. 1869. Part. II. — POGGENDORFF's Annalen, Ergänzungsband V. p. 64—87.

Stande sind, den Körper in den flüssigen Zustand zurückzuführen, wenigstens nicht in der Weise, dass sich die unter dem Drucke ihres eigenen Dampfes stehende Flüssigkeit als eine physikalisch verschiedene Substanz durch eine Trennungsfläche von dem Dampfe abgrenzt. Denjenigen Punct der Temperatur, über den hinaus es keine Werthe des Druckes mehr giebt, durch welche der betreffende Stoff im angegebenen Sinne in den flüssigen Zustand übergeführt werden kann, nennt ANDREWS den »kritischen Punct« (critical point) oder die »kritische Temperatur«. Für Kohlensäure ist z. B. dieser kritische Temperaturpunct + 31° C., für Aether + 200° C. Auf Grund dieser Eigenschaft der Körper gründet ANDREWS eine scharfe Unterscheidung zwischen Dämpfen und Gasen.

Ein Dampf verwandelt sich in ein Gas, sobald seine Temperatur den kritischen Punct überschreitet. Bei Annahme dieser Definition wäre also Kohlensäure ein Dampf bei Temperaturen unter 31° C., dagegen ein Gas bei höheren Temperaturen; ebenso Schwefeläther ein Dampf unter 200°, aber ein Gas bei jeder höheren Temperatur. Der kritische Punct der sogenannten permanenten Gase liegt wahrscheinlich tiefer als die niedrigsten Temperaturen, welche wir künstlich erzeugen können.

Die Versuche über die Dampfspannung des Wassers unter seinem Gefrierpunct sowie die Beobachtung von Dissociationsphänomenen haben ferner gezeigt, dass auch feste Körper im Stande sind, Dämpfe oder Gase von einer gewissen Spannung zu entwickeln und diese Entwickelung so lange fortzusetzen, bis die Spannung oder der Druck der Dämpfe ein von der herrschenden Temperatur abhängiges Maximum erreicht hat. So lange dieses Maximum nicht erreicht ist, findet eine Dampfbildung auf Kosten der Masse des festen oder flüssigen Körpers statt, und man sieht, dass diese Masse sich fortdauernd bis zum Verschwinden der festen oder flüssigen Substanz vermindern muss, wenn die Bedingungen zur Erzeugung jenes Maximums der Spannkraft des entwickelten Dampfes nicht erfüllt sind.

Diese Bedingungen kann man sich auf zwei wesentlich von einander verschiedenen Wegen hergestellt denken, nämlich:

1. durch Abgrenzung eines bestimmten Raumes, innerhalb dessen sich die betreffende Substanz befindet;

2. durch Anwendung einer hinreichenden Masse jener Substanz, vermöge welcher sie auf die an ihrer Oberfläche gebildete Dampfatmosphäre eine solche Anziehung ausübt, dass der Druck jener Atmosphäre dem Maximum der Spannkraft für die herrschende Temperatur entspricht.

Auf die erste Methode sind wir unter irdischen Verhältnissen angewiesen, um flüchtige Substanzen in constantem Aggregatzustande zu erhalten, der zweiten Methode aber müsste sich die Natur bedienen, um im Weltraum Körper von stabilem Aggregatzustande herzustellen und zu erhalten. Da nämlich sowohl der aërostatische Druck der Dampfatmosphäre an der Oberfläche als auch der hydrostatische Druck im Innern eines flüssigen Weltkörpers wesentlich nur durch die Intensität der Schwere bedingt ist, und demgemäss von der Masse und dem Volumen abhängt, so kann ein solcher Weltkörper seinen Aggregatzustand nur dann als einen dauernden bewahren, wenn die Intensität der Schwere hinreichend gross ist, um bei einer gegebenen Temperatur das Maximum der Dampfspannung an der Oberfläche zu erzeugen.

Es muss folglich zwischen der Masse eines jeden im Weltraume sich selbst überlassenen Körpers und der Spannkraft seiner Dämpfe bei der herrschenden Temperatur eine quantitativ bestimmte Beziehung geben, welche nothwendig stattfinden muss, wenn die Stabilität des Aggregatzustandes eines grösseren oder geringeren Theiles der gegebenen Masse möglich sein soll.

2. *Analytische Entwickelung der molecularen Stabilitäts-Bedingungen für tropfbar-flüssige Körper.*

Zur analytischen Entwickelung dieser Beziehung mag zunächst das folgende Problem behandelt werden.

Es sei eine ruhende flüssige Masse vom specifischen Gewicht σ_1 gegeben, welche unter dem Einflusse der Gravitation ihrer Theile die Gestalt einer Kugel vom Radius r_1 angenommen hat. Auf der Oberfläche dieser Kugel sei unter denselben

Bedingungen eine andere Flüssigkeit von dem geringeren specifischen Gewichte σ_2 ausgebreitet, so dass die hierdurch um die erste Kugel gebildete Schale den grösseren Radius r_2 erhält. Es soll für einen beliebigen, innerhalb dieser Schale gelegenen Punct mit dem Abstande r vom Centrum die Grösse des hydrostatischen Druckes p bestimmt werden.

Sind x, y, z die rechtwinkligen Coordinaten eines Punctes im Innern einer flüssigen Masse von der Dichtigkeit σ, und bezeichnen X, Y, Z die Componenten der auf ihn wirkenden bewegenden Kraft, so befindet sich die Masse im Gleichgewicht, wenn für alle Puncte derselben der folgenden Differentialgleichung Genüge geleistet wird:

$$(1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad dp = \sigma\,(Xdx + Ydy + Zdz)$$

Im vorliegenden Falle sind dem angenommenen Attractionsgesetze zufolge die Grössen X, Y, Z die Componenten einer Centralkraft und die Flächen gleichen Druckes Kugeloberflächen. Die Grösse des Druckes ist folglich nur eine Function des Radius derjenigen Kugeloberfläche, in welcher der betrachtete Punct liegt. Bezeichnet man diesen Radius mit r und die Kraftfunction mit $\varphi(r)$, so verwandelt sich die obige Gleichung für die gegenwärtige Aufgabe in die folgende:

$$(2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad dp = \sigma\varphi(r)dr$$

Es bezeichne ferner:

g die Intensität der Schwere an der äusseren Oberfläche der Schale, also den Werth von $\varphi(r_2)$,

m_1 die Masse der inneren Kugel,

m_2 die Gesammtmasse von Kugel und Schale,

m die von einer mit dem Radius r beschriebenen Kugelschale eingeschlossene Masse.

Mit Rücksicht auf das angenommene Attractionsgesetz hat man alsdann:

$$(3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \varphi(r) = -g\,\frac{r_2^2 m}{r^2 m_2}$$

Drückt man die Massen m und m_2 durch Volumen und Dichtigkeit aus, so erhält man:

$$m = \tfrac{4}{3}\pi[\sigma_2 r^3 + (\sigma_1 - \sigma_2) r_1^3]$$
$$m_2 = \tfrac{4}{3}\pi[\sigma_2 r_2^3 + (\sigma_1 - \sigma_2) r_1^3]$$

folglich:

$$\varphi(r) = -\frac{g r_2^2[\sigma_2 r^3 + (\sigma_1 - \sigma_2) r_1^3]}{r^2[\sigma_2 r_2^3 + (\sigma_1 - \sigma_2) r_1^3]}$$

oder, wenn man setzt:

$$\frac{r_2^2}{\sigma_2 r_2^3 + (\sigma_1 - \sigma_2) r_1^3} = C \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

$$\varphi(r) = -gC\left[\sigma_2 r + (\sigma_1 - \sigma_2) \cdot \frac{r_1^3}{r^2}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Dieser Werth in die Gl. (2) eingeführt, $\sigma = \sigma_2$ gesetzt, und das negative Vorzeichen unterdrückt, welches die Richtung des Druckes nach dem Centrum der Kugel andeutet, giebt:

$$dp = \sigma_2 g C\left[\sigma_2 r dr + (\sigma_1 - \sigma_2) r_1^3 \frac{dr}{r^2}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

oder

$$p = \sigma_2 g C\left[\sigma_2 \int_r^{r_2} r dr + (\sigma_1 - \sigma_2) r_1^3 \int_r^{r_2} \frac{dr}{r^2}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

oder

$$p = \sigma_2 g C\left[\frac{\sigma_2}{2}(r_2^2 - r^2) + (\sigma_1 - \sigma_2) p_1^3 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_2}\right)\right] \quad . \quad . \quad (8)$$

oder für C seinen Werth aus Gl. (4) gesetzt:

$$p = \frac{\sigma_2 g}{2} \cdot \frac{r_2^2}{\sigma_2 r_2^3 + (\sigma_1 - \sigma_2) r_1^3}(r_2 - r)\left[\sigma_2(r_2 + r) + 2(\sigma_1 - \sigma_2)\frac{r_1^3}{r_2 r}\right] \quad (I)$$

Aus dieser Formel ergeben sich unmittelbar zwei andere, je nachdem man $\sigma_1 = 0$ oder $r_1 = 0$ setzt.

Im ersten Falle verwandelt sich der betrachtete Körper in eine Hohlkugel, deren Schale eine Dicke $r_2 - r_1$ besitzt. Der Gleichgewichtszustand ist alsdann, wie allgemein, wenn σ_1 kleiner als σ_2, nur ein labiler, und der unter dieser Voraussetzung erhaltene Ausdruck für p kann nur dazu dienen, ein Mass für die Intensität der Kraft zu erhalten, mit welcher die Theilchen der flüssigen Masse unter gewissen Bedingungen bestrebt sind, den labilen in den stabilen Gleichgewichtszustand durch Bildung einer Vollkugel zu verwandeln.

Für eine Hohlkugel erhält man daher für $\sigma_1 = 0$ und mit Fortlassung des Index bei σ_2:

$$\text{(II)} \quad . \quad . \quad p = \sigma g \cdot \frac{r_2^2}{2(r_2^3 - r_1^3)} (r_2 - r) \left(r_2 + r - \frac{2r_1^3}{r_2 r}\right)$$

Für eine homogene Vollkugel ergiebt sich für $r_1 = 0$:

$$\text{(III)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad p = \sigma g \cdot \frac{r_2^2 - r^2}{2r_2}$$

3. *Reduction der analytischen Ausdrücke auf die gebräuchlichen Einheiten.*

In den obigen Ausdrücken bedeutet das Product σg ein bestimmtes Gewicht, und zwar dasjenige der zu Grunde gelegten Volumeneinheit einer Flüssigkeit vom specifischen Gewichte σ an der Oberfläche der betrachteten Kugeln, wo die Intensität der Schwere gleich g ist. Der Factor, mit welchem dieses Gewicht in beiden Formeln multiplicirt wird, ist eine Raumgrösse von einer Dimension. Demgemäss wird in den vorstehenden Formeln die Grösse des Druckes p ausgedrückt durch die Höhe einer Flüssigkeitssäule aus demselben Stoffe, aus welchem die Kugeln bestehen, und zwar wird hierbei vorausgesetzt, dass für alle Theile dieser Flüssigkeitssäule die Schwerkraft übereinstimmt mit dem Werthe g an der Oberfläche der betrachteten Kugeln.

Mit Berücksichtigung des Bemerkten ist es nun leicht die Formeln auf diejenigen Mass-Einheiten zu reduciren, deren wir uns gewöhnlich zur Bestimmung hydrostatischer Druckverhältnisse bedienen, nämlich auf die Höhe einer Quecksilbersäule unter dem Einflusse der Schwere an der Erdoberfläche.

Bezeichnet:

ϱ_1 das spec. Gewicht des Quecksilbers,

g_1 die Intensität der Schwere an der Erdoberfläche,

so ist $\varrho_1 g_1$ das Gewicht der Volumeneinheit Quecksilber an der Erdoberfläche. Dieses Gewicht als Einheit in die obige Formel III eingeführt, giebt:

$$(9) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad p = \frac{\sigma g}{\varrho_1 g_1} \left(\frac{r_2^2 - r^2}{2r_2}\right)$$

Bezeichnet ferner:

m_1 die Masse der Erde,

r_1 den Radius der Erde,

σ_1 das mittlere spec. Gewicht der Erde,
m_2 die Masse der flüssigen Kugel,
so hat man in Folge des Gravitationsgesetzes:

$$\frac{g}{g_1} = \frac{m_2 r_1^2}{m_1 r_2^2}$$

Für m_2 und m_1 die folgenden Werthe eingeführt:

$$m_2 = \sigma \, . \, \tfrac{4}{3}\pi r_2^3$$

$$m_1 = \sigma_1 \, . \, \tfrac{4}{3}\pi r_1^3$$

giebt:

$$\frac{g}{g_1} = \frac{\sigma r_2}{\sigma_1 r_1}$$

Dieser Werth für $\frac{g}{g_1}$ in der obigen Gleichung (9) substituirt, giebt:

$$p = \frac{\sigma^2}{2\varrho_1\sigma_1 r_1}(r_2^2 - r^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Hieraus erhält man für den Druck im Centrum einer Kugel vom Radius r nnd dem spec. Gewicht σ:

$$p = \frac{\sigma^2 r^2}{2\varrho_1\sigma_1 r_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Für den Radius der Kugel ergiebt sich:

$$r = \frac{\sqrt{p}}{\sigma}\sqrt{2\varrho_1\sigma_1 r_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Bezeichnet m die Masse der betrachteten Kugel, so ist

$$m = \frac{4\pi}{3} r^3 \sigma$$

oder den obigen Werth von r substituirt:

$$m = \frac{\sqrt{p^3}}{\sigma^2} \cdot \frac{4\pi}{3}\sqrt{(2\varrho_1\sigma_1 r_1)^3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Hieraus ergiebt sich für p:

$$p = \frac{\sqrt[3]{\sigma^4 m^2}}{2\varrho_1\sigma_1 r_1}\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{\frac{2}{3}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

Die Formeln (12), (13) und (14) drücken bestimmte Beziehungen aus, welche zwischen dem hydrostatischen Druck im Centrum einer tropfbarflüssigen Kugel, dem Volumen, der Masse und dem specifischen Gewichte der homogenen Flüssigkeit bestehen, wenn die Theilchen der letzteren dem NEWTON'schen Gravi-

tationsgesetze unterworfen und im Zustande des Gleichgewichtes sind. Mit Hülfe jener Ausdrücke lassen sich die genannten Grössen numerisch berechnen, wenn zwei derselben gegeben sind und der hydrostatische Druck durch die Höhe einer Quecksilbersäule an der Oberfläche der Erde gemessen wird.

4. *Berechnung der Temperatur und Grösse nicht stabiler Massen einiger Stoffe.*

Der hydrostatische Druck im Innern einer flüssigen Kugel erreicht nach Formel (10) sein Maximum im Centrum derselben. Ist daher dieser Maximalwerth des Druckes kleiner als das Maximum der Spannkraft des Dampfes der betreffenden Flüssigkeit bei der herrschenden Temperatur, so müssen sich aus dem Centrum einer solchen Kugel, und noch mehr an entfernteren Stellen von demselben, Dampfblasen entwickeln, d. h. die Flüssigkeit muss in ihrer ganzen Masse sieden und sich hierdurch in eine Dampfkugel verwandeln. Dass unter den gemachten Voraussetzungen diese Verwandlung in Dampf eine vollständige, d. h. ohne Zurücklassung eines flüssigen Kernes sein muss, ist auch ohne Kenntniss der Druck- oder Dichtigkeitsvertheilung im Innern einer solchen Dampfkugel leicht ersichtlich.

Da nämlich überall das specifische Gewicht der in Dampf verwandelten Masse nothwendig kleiner als dasjenige derselben Masse im flüssigen Zustande sein muss, so folgt aus Formel (14), dass der Druck im Centrum der gebildeten Dampfkugel kleiner als im Centrum der früher aus der gleichen Masse gebildeten Flüssigkeitskugel ist. Da nun, unserer Annahme gemäss, bereits dieser letztere Druck kleiner war, als der zum Bestehen der Flüssigkeit erforderliche, so kann auch im Centrum der gebildeten Dampfkugel kein flüssiger Kern zurückbleiben.

Setzt man daher für p in den Formeln (12) und (13) denjenigen Werth ein, welcher dem Maximum der Spannkraft des Dampfes der betreffenden Flüssigkeit für die herrschende Temperatur entspricht, so erhält man für den Halbmesser und die Masse der Flüssigkeitskugeln bestimmte Werthe, welche nothwendig überschritten sein

müssen, wenn diese frei im Weltraum schwebenden Körper sich nicht vollständig in Dampfmassen auflösen sollen.

Um eine Vorstellung von den hierbei auftretenden Grössen zu erhalten, habe ich für eine Anzahl bekannter Stoffe die erwähnten Werthe berechnet und in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Als Längeneinheit ist das Meter, als Masseneinheit die Erdmasse angenommen. Setzt man die letztere gleich m_1, so ist:

$$m_1 = \frac{4\pi}{3} r_1^3 \sigma_1$$

und es verwandelt sich für diese Einheit Formel (13) in die folgende:

$$m = \frac{\sqrt{p^3}}{\sigma^2} \sqrt{\frac{(2\varrho_1)^3 \sigma_1}{r_1^3}}$$

Für die Grössen ϱ_1, σ_1 und r_1 sind die folgenden Werthe angenommen:

$$\varrho_1 = 13.597$$
$$\sigma_1 = 5.60$$
$$r_1 = 6370300^{m}.$$

Durch Einführung der hieraus sich ergebenden numerischen Constanten verwandeln sich die Formeln (12) und (13) für die zu Grunde gelegten Einheiten in die folgenden:

$$r = 31147 \cdot \frac{\sqrt{p}}{\sigma} \quad \ldots \ldots \quad (12a)$$

$$m = \frac{2087}{10^{11}} \cdot \frac{\sqrt{p^3}}{\sigma^2} \quad \ldots \ldots \quad (13a)$$

Mit Hülfe dieser Ausdrücke sind die folgenden Werthe von r und m berechnet, die Grössen σ und p sind den Tabellen von Magnus und Regnault entnommen, wobei jedoch die Aenderungen von σ in Folge der angenommenen Temperaturverschiedenheiten, als für den vorliegenden Zweck zu unbedeutend, vernachlässigt sind.

Temperatur und Grösse nicht stabiler Massen.

Name des Körpers	Temperatur	σ	p	r	$\frac{m}{\text{Erdmasse} = 1}$
Wasser	— 32° C.	1	0.00032m	557m	$1.194 \cdot \frac{1}{10^{13}}$
—	— 20	—	0.00093	950	$5.917 \cdot \frac{1}{10^{13}}$
—	— 10	—	0.00209	1424	$1.993 \cdot \frac{1}{10^{12}}$
—	0	—	0.00460	2113	$6.512 \cdot \frac{1}{10^{12}}$
—	+ 20	—	0.01740	4109	$4.797 \cdot \frac{1}{10^{11}}$
—	+ 30	—	0.03160	5537	$11.72 \cdot \frac{1}{10^{11}}$
Alkohol	— 20	0.8095	0.0033	2211	$6.035 \cdot \frac{1}{10^{12}}$
—	0	—	0.0126	4354	$4.612 \cdot \frac{1}{10^{11}}$
Benzin	— 20	0.8999	0.0049	2423	$8.839 \cdot \frac{1}{10^{12}}$
—	0	—	0.0266	5646	$11.18 \cdot \frac{1}{10^{11}}$
Schwefelkohlenstoff	— 20	1.2931	0.0435	5025	$11.32 \cdot \frac{1}{10^{11}}$
—	0	—	0.1320	8754	$59.87 \cdot \frac{1}{10^{11}}$
Quecksilber	0	13.596	0.00002	10	$1.009 \cdot \frac{1}{10^{17}}$
—	+ 20	—	0.000037	14	$2.540 \cdot \frac{1}{10^{17}}$
—	+ 40	—	0.000077	20	$7.623 \cdot \frac{1}{10^{17}}$

5. *Die Verdampfung als eine allgemeine Eigenschaft der Materie unabhängig vom Aggregatzustande.*

In der vorstehenden Uebersicht der Grösse und Masse von ...n, in deren Centrum der hydrostatische Druck den unter p ...Werthen entspricht, kommen Temperaturwerthe vor, bei ...und Benzin ($C_{12}H_6$) sich im festen Aggregatzustande

befinden. Die angenommenen Werthe von p würden also in diesem Falle ihre physikalische Bedeutung als hydrostatischer Druck im Centrum der Kugeln verlieren. Da aber die Beobachtung lehrt, dass diese Körper auch im festen Aggregatzustande an ihrer Oberfläche so lange eine Dampfatmosphäre entwickeln, bis der Druck derselben auf die Oberfläche des verdunstenden Körpers dem Maximum der Spannkraft bei der herrschenden Temperatur entspricht, so folgt aus den vorhergehenden Betrachtungen, dass die mit den angenommenen Werthen von p berechneten Massen nothwendig zu klein sind, um vermöge ihrer Anziehung auf die sich bildende Dampfatmosphäre jenen Maximaldruck an ihrer Oberfläche zu erzeugen. Eine kugelförmige Eismasse mit einem Halbmesser von 557 Meter muss sich daher im leeren Raume selbst bei einer Temperatur von — 32° C. mit der Zeit vollständig in Dampf auflösen. Folglich ist auch der feste Aggregatzustand des Wassers unter den angenommenen Verhältnissen kein stabiler. Nur die Art und Geschwindigkeit des Ueberganges in den dampfförmigen Zustand ist bei einer Eismasse verschieden von derjenigen bei einer flüssigen Wassermasse. Während bei ersterer die Verdunstung nur an der Oberfläche vor sich gehen kann, findet bei letzterer für die angenommenen Dimensionen die Dampfentwickelung aus allen Theilen der Masse statt, so dass die Geschwindigkeit des Ueberganges oder die in der Zeiteinheit entwickelte Dampfmenge im letzten Falle eine unvergleichlich viel grössere als im ersten Falle sein wird.

Die hier dargelegte Beziehung zwischen dem festen und dampfförmigen Aggregatzustande ist nun aber nach allen bis jetzt bekannten Thatsachen nicht nur eine einzelnen Körpern eigenthümliche, sondern höchst wahrscheinlich eine allgemeine Eigenschaft der Materie. Dass wir nicht, wie beim Eise und anderen leichter verdampfenden Stoffen, im Stande sind, den Druck der gebildeten Dampfatmosphäre durch Depression des Quecksilberniveaus im Vacuum des Barometers nachzuweisen, muss nach einer rationellen Induction zunächst nur durch die allzugrosse Kleinheit, aber nicht durch die gänzliche Abwesenheit der fraglichen Druckgrössen erklärt werden. In ähnlicher Weise, wie die Werthe der Dampfspannung des Wassers und anderer Stoffe unabhängig von dem Aggregatzustande bei continuirlichen Temperaturänderungen continuirlich in

einander übergehen, muss dies auch bei anderen Körpern vorausgesetzt werden. Nur die Grösse der Dampfspannung wird bei derselben Temperatur für verschiedene Stoffe eine ausserordentlich verschiedene sein, wie dies bereits aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich ist.

Berechnet man z. B. nach Formel (11)

$$p = \frac{\sigma^2 r^2}{2\varrho_1 \sigma_1 r_1}$$

den Druck im Centrum einer flüssigen Eisenkugel vom spec. Gewicht 7.7 und einem Halbmesser von 10 Millimetern, so findet man

$$p = 0.000000006^{mm}.$$

Dieser Druck würde nach der mitgetheilten Tabelle ungefähr 6054 Mal kleiner als das Maximum der Dampfspannung des Quecksilbers bei $+ 20^0$ C. sein. Gesetzt nun, es entspräche der gefundene Werth dem Maximum der Spannung des Eisendampfes bei $+ 20^0$ C., so müsste sich nach den angestellten Betrachtungen eine feste Eisenkugel von 20^{mm} Durchmesser bei der angegebenen Temperatur mit der Zeit im Weltraum vollständig in Dampf auflösen.

Ohne hier ausführlicher auf die Erscheinungen einzugehen, welche als Stützen für die Verdunstung von festen Körpern mit sehr hohen Schmelzpuncten auch bei gewöhnlicher Temperatur angeführt werden könnten, mag doch an den eigenthümlichen Geruch der Metalle und einiger Mineralien erinnert werden. Jedenfalls wird die spectralanalytische Untersuchung das empfindlichste Mittel sein, um die Existenz derartiger Dämpfe nachzuweisen, namentlich im Weltraume, wo die grosse Mächtigkeit der Gas-Schichten den durch ihre geringe Dichtigkeit entstehenden Verlust an Absorptions- oder Leuchtkraft wieder zu compensiren im Stande ist.

Ich würde mir auf Grund der obigen Betrachtungen das Vorkommen von Metalllinien im Spectrum der Atmosphäre erklären können, sei es, dass letztere, wie beim Nordlicht, durch die Ausgleichung kosmischer Electricitätsmengen oder durch den künstlich bewirkten Uebergang des electrischen Funkens in's Glühen versetzt wird.

6. *Auflösung der Körper im leeren und unbegrenzten Raume.*

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Temperatur und Masse kosmischer Körper mit der Stabilität ihres festen oder flüssigen Aggregatzustandes in engster Beziehung stehen. Wir können das Wesentlichste der gewonnenen Resultate kurz in folgendem Satze aussprechen:

Ist die Masse eines im Weltraume sich selbst überlassenen Körpers nicht ausreichend, um vermöge seiner Gravitation der ihn umgebenden Dampfatmosphäre eine Spannung zu ertheilen, welche gleich dem Maximum der Spannkraft seiner Dämpfe für die herrschende Temperatur ist, so löst sich jener Körper mit der Zeit vollständig in eine Dampfmasse auf.

Es entsteht nun die Frage, ob die so gebildete Dampfmasse, welche beim Verschwinden des flüssigen Kernes die Gestalt einer Kugel mit nach dem Centrum wachsender Dichtigkeit besitzen wird, sich in dieser Gestalt im Gleichgewichte befindet oder nicht. Setzt man für die einzelnen Elemente der Dampfkugel das NEWTON'sche und MARIOTTE'sche Gesetz voraus, so lässt sich, auch ohne das Gesetz der Dichtigkeitszunahme nach dem Centrum genauer zu kennen, nachweisen, dass eine endliche Dampf- oder Gasmasse im unbegrenzten Raume keine stabile Gleichgewichtsfigur zu bilden im Stande ist.

Ich glaube den fraglichen Beweis für diesen Satz in folgender Weise liefern zu können.

Gesetzt eine endliche Gasmasse befände sich unter dem Einfluss der angenommenen beiden Gesetze im Gleichgewicht, so sind zwei Fälle möglich, entweder die Masse vertheilt sich in concentrischen Kugelschichten mit abnehmender Dichtigkeit bis in die Unendlichkeit, so dass die von einer Kugelschale eingeschlossene Masse mit wachsendem Radius sich der ursprünglich gegebenen Masse als einem Grenzwerthe für einen unendlich grossen Radius nähert, — oder die gebildete Dampfkugel besitzt eine Grenze, d. h. die von einer Kugelschale umschlossene Masse erreicht für einen endlichen Werth des Radius ihre ursprünglich in Form von fester oder flüssiger Substanz gegebene Grösse.

In beiden Fällen kann man sich die vorhandene Gasmasse durch eine um den Mittelpunct beschriebene, beliebig grosse Kugelschale von endlichem Radius derartig in zwei Theile zerlegt denken, dass die von jener Schale eingeschlossene Masse als unendlich gross gegenüber der ausserhalb befindlichen betrachtet werden darf.

Unter dieser Voraussetzung soll die Dichtigkeit in irgend einem Puncte dieser ausserhalb befindlichen Gasmasse bestimmt werden.

7. *Eine endliche Gasmasse kann keinen Gleichgewichtszustand im unbegrenzten Raume einnehmen. Materielle Erfüllung des Weltraumes. Physikalische Bedingungen für das stabile Gleichgewicht einer Gasmasse.*

Es bezeichne:

p den Druck in einem beliebigen Puncte der äusseren Gasmasse,
r den Abstand desselben vom Centrum,
σ die Dichtigkeit in demselben,
r_1 den Radius der oben erwähnten Kugelschale,
g_1 die Intensität der Gravitation in der Oberfläche derselben,
σ_1 die Dichtigkeit in einem Puncte derselben,
t die überall constante Temperatur des Gases,
a eine von der Beschaffenheit des Gases abhängige Constante.

Die allgemeinen Bedingungen des Gleichgewichtes des betrachteten Punctes werden alsdann durch die folgenden beiden Gleichungen ausgedrückt:

(1a) . . . . $dp = \sigma\varphi(r)dr$

(2a) . . . . $p = a(1 + \alpha t)\sigma$

Durch Elimination von dp ergiebt sich hieraus:

(3a) . . . . $\frac{d\sigma}{\sigma} = \frac{\varphi(r)dr}{a(1+\alpha t)}$

Unter den gemachten Voraussetzungen ist aber

(4a) . . . . $\varphi(r) = \frac{g_1 r_1^2}{r^2}$

Dieser Werth in 3a substituirt giebt:

$$\int \frac{d\sigma}{\sigma} + \text{Const.} = \frac{g_1 r_1^2}{a(1+\alpha t)} \int_{r_1}^{r} \frac{dr}{r_2}$$

Bezeichnet c eine Constante, so giebt die Ausführung der Integration:

$$\text{log. nat.} \frac{\sigma}{c} = \frac{g_1 r_1 (r_1 - r)}{a(1+\alpha t) r}$$

oder:

$$\sigma = c e^{-\frac{g_1 r_1 (r - r_1)}{a(1+\alpha t) r}}$$

Für $r = r_1$ folgt:

$$\sigma = \sigma_1$$

Der gesuchte Ausdruck ist demnach der folgende:

$$\sigma = \sigma_1 e^{-\frac{g_1 r_1 (r - r_1)}{a(1+\alpha t) r}} \quad \ldots \ldots \quad (5a)$$

Diese Formel zeigt, dass für stetig wachsende Werthe von r die Dichtigkeit nach einem endlichen Grenzwerth convergirt, der für $r = \infty$ erreicht und ausgedrückt ist durch

$$\sigma \infty = \sigma_1 e^{-\frac{g_1 r_1}{a(1+\alpha t)}} \quad \ldots \ldots \quad (6a)$$

Es bezeichne nun dm die Masse, welche in einer concentrischen Kugelschicht vom Radius r und der Dicke dr enthalten ist, so hat man

$$dm = 4r^2 \pi \sigma dr = 4\pi \sigma_1 r^2 e^{-\frac{g_1 r_1 (r - r_1)}{a(1+\alpha t) r}} dr$$

Für stetig wachsende Werthe von r convergirt dieser Ausdruck für das Differential der Masse, wie man sieht, nach dem Werthe:

$$dm = \infty$$

Da aber einer solchen Bedingung die vorausgesetzte endliche Gasmasse nicht genügen kann, so folgt, dass im leeren, unbegrenzten Raume eine endliche Gasmasse keinen Gleichgewichtszustand anzunehmen im Stande ist, sondern sich durch eine stetig mit der Zeit abnehmende Dichtigkeit im Raume verlieren muss.[1]

---

1) POISSON gelangt in seiner *Théorie mathématique de la chaleur*, *Supplement*

Betrachtet man daher die Verdampfung als eine allgemeine Eigenschaft der Materie über dem absoluten Nullpunct, so würden sich unter den gemachten Voraussetzungen auch die grössten Massen, so lange sie endlich sind, in einem unbegrenzten leeren Raume fortdauernd bis zum Verschwinden verflüchtigen müssen.

Als nothwendige Bedingung für die Stabilität des Aggregatzustandes ergiebt sich folglich die materielle Erfüllung des Raumes mit denjenigen Stoffen, aus welchen die in ihm befindlichen Körper bestehen. Aber auch eine unendliche Gasmasse würde der in Gleichung 5a ausgesprochenen Gleichgewichtsbedingung nur dann genügen können, wenn die jener Gleichung zu Grunde liegende Voraussetzung auch für die unendliche Gasmasse erhalten bleibt. — Diese Voraussetzung bestand aber darin, dass die Theilchen der ausserhalb der mit dem Radius r_1 beschriebenen Kugelschale liegenden Gasmasse nur unter dem Einfluss der Gravitation der in jener Kugelschale eingeschlossenen Masse

---

p. 21 ff. bei der Untersuchung über die Grenze der Erdatmosphäre durch allgemeine Betrachtungen zu demselben Resultat. Er bemerkt:

»*Or, la force élastique ne saurait se réduire à zéro, parce qu'elle décroirait seulement à raison de la densité, et par exemple, suivant la loi de Mariotte; car alors, tant que l'air aurait aussi une force élastique en vertu de laquelle il se dilaterait encore davantage; et l'atmosphère ne pouvant se terminer, elle se dissiperait en entier dans l'espace.*«

In der stillschweigenden Voraussetzung, dass die Atmosphäre eine Grenze haben müsse, widerlegt nun Poisson zunächst die Annahme, dass etwa der Aether im Stande wäre, den erforderlichen Druck auf die äussere Grenzschicht auszuüben; eine solche Hypothese sei unzulässig »*car l'éther pénètre dans la masse d'air; et la force élastique de l'éther intérieur, en s'exerçant de dedans en dehors, détruit la pression exercée en sens contraire par l'éther extérieur.*« Es bliebe also nichts anderes übrig als die Annahme einer so niedrigen Temperatur jener Grenzschicht, dass die Luft ihre elastische Kraft vollständig verliere und tropfbar flüssig werde. »*C'est donc par le froid que les dernières couches de l'atmosphère doivent perdre leur ressort: près de la surface supérieure, la température de l'air doit être celle de la liquéfaction de ce fluide, et la couche d'air liquide doit avoir l'épaisseur nécessaire pour que son poids fasse équilibre à la force élastique de l'air inférieur, sur lequelle elle repose.*« Abgesehen von den Widersprüchen, welche eine solche Hypothese mit den Gesetzen der Verdampfung involvirt, nach denen für jede Temperatur über dem absoluten Nullpunct die Dampfspannung einen endlichen Werth besitzen müsste, fehlt jeder Grund für die Annahme einer so starken Temperaturerniedrigung, welche eine überall von den Wärmestrahlen der Sonne in der Entfernung unserer Erde getroffene Luftmasse erleiden sollte. (Siehe die folgende Anm.)

stehen, und daher untereinander keine gravitirende Wirkung ausüben. Diese Eigenschaft müsste man daher auch der ausserhalb der erwähnten Kugelschale liegenden unendlichen Gasmasse beilegen, sollte dieselbe im Zustande des Gleichgewichtes den unendlichen Raum nach dem in (5a) enthaltenen Gesetze erfüllen. Eine solche Annahme kann aber nur als eine Fiction, nie als der Ausdruck realer Verhältnisse betrachtet werden, da die Gravitation als eine allgemeine Eigenschaft der Materie allen hierauf bezüglichen physikalischen Betrachtungen stets zu Grunde gelegt werden muss.

Gesetzt daher, es könnte eine unendliche Gasmasse im unendlichen Raum unter dem Einflusse der Gravitation auch ihrer Theile die Oberfläche einer starren Kugel als Atmosphäre im Zustande des Gleichgewichtes umgeben, so müsste nothwendig das Gesetz der Dichtigkeitsabnahme mit wachsender Entfernung vom Centrum ein anderes als das oben in Formel (5a) ausgedrückte sein.

Beobachteten wir aber dennoch an einer frei im Raume schwebenden Kugel, dass ihre Atmosphäre im Gleichgewichte ist und von einem bestimmten Abstande r_1 vom Centrum mit dem erwähnten Gesetz der Dichtigkeitsabnahme merklich übereinstimmt, so kann man sich fragen, welche Eigenschaften dem Raume und der ihn erfüllenden Materie beizulegen sind, um jenes beobachtete Gesetz physikalisch zu erklären. So weit ich sehe würde nur die folgende Annahme dieser Erklärung Genüge leisten:

Der Raum, in welchem sich die betrachtete Kugel befindet, ist ein sehr grosser aber endlich begrenzter und die Masse, welche von einer Kugelschale mit einem bestimmten Radius r_1 umschlossen wird, ist gegen die Gasmasse im übrigen Raume so gross, dass die letztere gegen die erstere vernachlässigt werden kann.

Wie man sieht ist auch unter dieser Voraussetzung die wirklich stattfindende Abnahme der Dichtigkeit nur eine Annäherung an das betrachtete Gesetz, die jedoch durch Vergrösserung des erwähnten Massenverhältnisses jeden beliebigen Grad erreichen kann. Ist also die von der Kugelschale mit dem Radius r_1 umschlossene Masse in Form einer festen Kugel gegeben, welche von der äusseren Gasmasse als Atmosphäre umhüllt wird, so sind die beiden nothwen-

digen und ausreichenden Bedingungen für die Abnahme der Dichtigkeit nach dem erwähnten Gesetse im Zustande des Gleichgewichtes, die folgenden:

1. die Masse der Atmosphäre ist verschwindend klein gegen die Masse der Kugel,
2. der Raum, in welchem sich diese Körper befinden, ist ein endlich begrenzter.

Die oben gefundene Formel (5a), welche das fragliche Gesetz enthält, ist nun aber identisch mit derjenigen, welche die Abnahme der Dichtigkeit unserer Atmosphäre mit der Erhebung über dem Erdboden bei überall constanter Temperatur ausdrückt.

Bezeichnet nämlich:

h die Grösse dieser Frhebung,

r_1 den Erdradius,

g_1 die Intensität der Schwere an der Erdoberfläche,

t die absolute und im ganzen Raume als constant angenommene Temperatur,

σ_1 die Dichtigkeit in der Höhe h,

so verwandelt sich der Ausdruck (5a) in den folgenden:

$$\sigma = \sigma_1 e^{-\frac{g_1 r_1 h}{a\alpha t(r_1 + h)}}$$

Bezeichnet ferner:

ϱ_1 das specifische Gewicht des Quecksilbers,

ϱ das specifische Gewicht der Atmosphäre bei 0° C. und mittlerem Barometerstande,

a_1 die jenem Barometerstande entsprechende Höhe der Quecksilbersäule,

so ist:

(8a) . . . . $a = \frac{\varrho_1 g_1 a_1}{\varrho}$

Diese Grösse ist also, mit Rücksicht auf das MARIOTTE'sche Gesetz eine nur von der Beschaffenheit des Gases abhängige Constante. Wählt man als Längeneinheit für die Grössen g_1 und a_1 das Meter, so sind die numerischen Werthe jener Constanten für die atmosphärische Luft und die permanenten Gase die folgenden:

Luft:	$a_e =$	78380
Stickstoff:	$a_n =$	80690
Sauerstoff:	$a_0 =$	70930
Wasserstoff:	$a_h =$	1131600

Setzt man in dem obigen Ausdrucke für σ:

$$h = \infty$$

und

$$\frac{1}{\alpha} = 273$$

indem für die absolute Temperatur die Grade der hunderttheiligen Scala angenommen werden, so erhält man:

$$\sigma = \sigma_1 e^{-\frac{273 g_1 r_1}{a t}} \quad \text{. . . . . (9a)}$$

Diese Formel drückt also unter den gemachten Voraussetzungen den Grenzwerth der Dichtigkeit aus, welchem sich bei fortdauernd wachsendem Abstande vom Centralkörper die Dichtigkeit einer im Gleichgewicht befindlichen Atmosphäre nähert.

Denken wir uns daher den unendlichen Raum mit einem bekannten Gase von überall constanter Dichtigkeit σ und constanter absoluter Temperatur t erfüllt, so würde sich aus jener Formel für das Dichtigkeitsverhältniss jenes Gases im Raume und an der Oberfläche des betrachteten Himmelskörpers der Ausdruck ergeben:

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = e^{-\frac{273 g_1 r_1}{a t}} \quad \text{. . . . . (10a)}$$

Bezeichnet man für einen zweiten Himmelskörper die entsprechenden Grössen mit σ_2, g_2, r_2, so würde unter denselben Verhältnissen jener Werth ausgedrückt durch:

$$\frac{\sigma}{\sigma_2} = e^{-\frac{273 g_2 r_2}{a t}}$$

Durch Division dieser Gleichungen erhält man:

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = e^{-\frac{273}{a t}(g_2 r_2 - g_1 r_1)} \quad \text{. . . . . . (11a)}$$

Beide Formeln zeigen, dass sich die Verhältnisse $\frac{\sigma}{\sigma_1}$ und $\frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ mit wachsendem Werthe von a, also mit abnehmender Dichtigkeit

des angenommenen Gases und wachsender Temperatur t, der Einheit nähern.

Um bei der Anwendung der vorstehend entwickelten Consequenzen auf reale Verhältnisse nicht missverstanden zu werden, bemerke ich hier ausdrücklich, dass der empirische Beweis für die Stabilität der Atmosphäre eines Himmelskörpers, z. B. derjenigen des von uns bewohnten Planeten, ebensowenig wie der Beweis für die absolute Unveränderlichkeit des Abstandes zweier Puncte eines Körpers je geführt werden kann. Wir können stets nur behaupten, dass innerhalb des endlichen Zeitintervalls der Beobachtungen keine für uns merkliche Veränderung stattgefunden hat, und erst nach einer unendlichen Beobachtungszeit würde jenes Urtheil über die Unveränderlichkeit einen absoluten Werth erreichen. Da nun aber die obigen Deductionen offenbar nur für den Zustand der absoluten Stabilität gültig sind, so kann empirisch über die erwähnten Eigenschaften des Raumes auf diesem Wege nie endgültig entschieden werden.

Nichtsdestoweniger schien es mir von Interesse, auf Erscheinungen im Bereiche der uns sinnlich zugänglichen Welt aufmerksam zu machen, welche von jenen Qualitäten des realen Raumes direct abhängig sind, und uns bei absolut genauen Beobachtungen unter den gemachten Voraussetzungen befähigen würden, jene Eigenschaften des Raumes und der ihn erfüllenden Materie unserer Erkenntniss zu erschliessen.

Unberührt von dieser Einschränkung bleibt jedoch das Resultat über die materielle Erfüllung des uns sinnlich wahrnehmbaren Raumes mit denjenigen Stoffen, aus welchen die darin enthaltenen Körper bestehen. Die letzteren verhalten sich der materiellen Erfüllung des Raumes gegenüber vollkommen analog den Wassertröpfchen, welche sich aus einer frei schwebenden Wolke durchsichtigen Wasserdampfes ausscheiden, wenn die Temperatur dieser Dampfmasse unter den dem Maximum der Spannkraft entsprechenden Werth herabgesunken ist. Der Raum zwischen den einzelnen schwebenden Wassertropfen bleibt stets mit Wasserdampf erfüllt, nur die Dichtigkeit und Spannung desselben ändern sich mit der Temperatur des Raumes. Sinkt diese Temperatur, so vergrössern sich die gebildeten Flüssigkeitskugeln auf Kosten der zwischen ihnen

enthaltenen Masse des Dampfes. Auf diese Weise tritt bei stetiger Temperaturerniedrigung ein Zustand ein, wo die Masse der in Gas- oder Dampfform vorhandenen interglobularen Materie, gegenüber der zu Kugeln condensirten, ausserordentlich klein wird und alsdann für physikalische Betrachtungen als verschwindend angenommen werden kann.

Ein solcher Zustand wird bei den folgenden Betrachtungen für den uns sinnlich wahrnehmbaren Weltraum mit den in ihm befindlichen Körpern vorausgesetzt.

8. *Die Dichtigkeit der atmosphärischen Gase im Weltraume. Temperatur des Weltraumes und die fehlerhafte Methode der Temperaturbestimmung der Erdatmosphäre.*

Angenommen der Raum, in welchem sich unser Planetensystem befindet, besitze überall die Temperatur des schmelzenden Eises und sei mit atmosphärischer Luft erfüllt. Die in diesem Raume befindlichen, durch einen Condensationsprocess entstandenen kugelförmigen Massen haben vermöge ihrer Attraction die ursprünglich überall gleiche Dichte des vorausgesetzten Gases verändert und auf diese Weise Atmosphären gebildet, welche ihre Oberflächen mit nach Aussen abnehmender Dichtigkeit umgeben. Setzt man nun die gegenseitigen Abstände der einzelnen Massen sehr gross und die Dichtigkeit des angenommenen atmosphärischen Gases an der Oberfläche einer dieser kugelförmigen Massen als bekannt voraus, so lässt sich im Zustande des Gleichgewichtes mit Hülfe der Formel 10a ein Minimalwerth der Dichtigkeit des Gases berechnen, unter welchen dieselbe an keiner Stelle des Raumes herabsinken kann. Dieser minimalen Dichtigkeit wird sich ein Punct um so mehr nähern, je grösser seine Entfernung von der nächsten Masse im Verhältniss zu den Dimensionen derselben ist.

Bezeichnet z. B. σ_1 die Dichtigkeit der Atmosphäre an der Oberfläche der Erde, so ergiebt sich unter den gemachten Annahmen für jenen Grenzwerth der minimalen Dichtigkeit σ des atmosphärischen Gasgemenges im Weltraume:

$$\sigma = \frac{\sigma_1}{10^{246}}$$

Dieser Werth von σ ist so gering, dass eine Luftmasse von 1.29 Gramm, welche an der Erdoberfläche unter normalen Verhältnissen den Raum eines Cubikdecimeters einnimmt, den Raum einer Hohlkugel gleichmässig erfüllen müsste, deren Halbmesser mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes erst in 10^{98} Jahren zurückgelegt werden könnte.

Berechnet man die Dichtigkeit dieses Gases in der Entfernung des uns nächsten Himmelskörpers, des Mondes, so findet man

$$\sigma = \frac{\sigma_1}{10^{240}}$$

also immer noch einen physikalisch vollkommen verschwindenden Werth. — Man sieht hieraus, das ein Medium von so grosser Verdünnung weder auf die Extinction und Richtung des Lichtes im Weltraume noch auf die Bewegungen der in ihm befindlichen Massen einen merklichen Einfluss ausüben kann. Und dennoch würde eine solche feine Vertheilung der atmosphärischen Gase im Weltraume und der dadurch bedingte minimale Druck ausreichen, um unter dem Einfluss der Gravitation und des MARIOTTE'schen Gesetzes an der Erdoberfläche eine Atmosphäre von der uns bekannten Dichtigkeit im Zustande des Gleichgewichtes zu erhalten. Uebrigens zeigt die Formel, dass der gefundene Werth noch kleiner wird, wenn man die Temperatur des Weltraumes mit FOURIER zu — 60° C. oder mit POUILLET zu — 142° C. annimmt.[1]

---

1) Unter »Temperatur des Weltraumes« würde diejenige Temperatur zu verstehen sein, welche ein Körper in jenem Raume unter dem Einfluss der Wärmestrahlung der Gestirne annimmt, wenn keins der letzteren — wie in unserem Planetensystem die Sonne — durch seine Nähe präponderirt, also an einer Stelle, deren Entfernung von der nächsten Wärmequelle eine mittlere Sternenweite beträgt.

Die Schlüsse, welche man aus der Temperaturerniedrigung eines Quecksilberthermometers mit wachsendem Abstande von der Erdoberfläche auf die Temperaturabnahme der Atmosphäre gemacht hat, involviren die Vernachlässigung eines sehr wesentlichen Umstandes, unter dem allein die Angaben des Thermometers als Ausdruck der Temperatur des umgebenden Mediums betrachtet werden dürfen. Sobald die Quecksilbersäule eine constante Höhe erreicht hat, ist die in der Zeiteinheit vom Thermometer empfangene Wärmemenge gleich der ausgegebenen. Empfang und Ausgabe finden durch Strahlung und Leitung statt. Ist das Medium, dessen Temperatur durch Eintauchen des Thermometers bestimmt werden soll, ein für

9. *Verhältniss der Dichtigkeiten der atmosphärischen Gase an der Oberfläche der Weltkörper und im Raume. Ueber die obere und untere Grenze der Dichtigkeit des Aethers.*

Das Verhältniss der Dichtigkeiten eines bestimmten Gases im Raume und an der Oberfläche einer Kugel wird bei einer Temperatur von 0° C. ausgedrückt durch:

Strahlen vollkommen undurchdringliches, so findet die Herstellung des Temperaturgleichgewichtes nur durch Leitung statt. Die Temperatur des Quecksilbers in der Kugel ist dann in der That gleich der Temperatur des umgebenden Mediums. Gesetzt nun das Medium würde bei sonst unveränderten Bedingungen, also auch bei derselben Temperatur, durchstrahlbar, so muss die vom Thermometer angegebene Temperatur nothwendig niedriger als die des umgebenden Mediums sein, da die Kugel des Thermometers noch eine bestimmte Wärmemenge durch Ausstrahlung verliert, während die Einnahme durch Leitung unverändert geblieben ist. Die Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit der Thermometerkugel durch Berührung von dem umgebenden Medium mitgetheilt wird, hängt abgesehen von der Leitungsfähigkeit auch von der Beweglichkeit des letzteren ab. Je grösser die Anzahl von Theilchen ist, welche in der Zeiteinheit mit der Oberfläche der Thermometerkugel in Berührung kommen und ihren Temperaturaustausch vollziehen können, desto grösser muss offenbar die Wärmemenge sein, welche das Thermometer durch Leitung von dem umgebenden Medium empfangen kann. Man denke sich nun eine Gasmasse von bestimmter Dichte und constanter Temperatur im Weltraume, und in dieser Gasmasse ein Thermometer. Sobald dasselbe eine constante Einstellung angenommen hat, ist die durch Berührung mit der Gasmasse empfangene Wärmemenge gleich der ausgestrahlten. Wird nnter sonst unveränderten Umständen die Dichtigkeit der Gasmasse z. B. auf die Hälfte reducirt, so ist offenbar die Anzahl der Gastheilchen, welche in der Zeiteinheit mit der Kugel des Thermometers in Berührung kommen, nur halb so gross als vorher, und daher auch die in dieser Zeit durch Leitung mitgetheilte Wärmemenge eine nur halb so grosse. Da die Ausstrahlung des Thermometers durch die Verdünnung nicht wesentlich verändert, jedenfalls aber nicht verkleinert worden ist, so muss die Temperatur des Thermometers unter die Temperatur des umgebenden Mediums sinken. *Man sieht hieraus, dass die Angaben des Quecksilberthermometers zur Temperaturbestimmung frei im Raume befindlicher, durchstrahlbarer Gasmassen vollkommen unbrauchbar sind, indem diese Angaben stets niedriger als die wahren Temperaturen der Gasmasse sein müssen. Dieser Unterschied wächst mit der Abnahme der Dichtigkeit des betrachteten Gases.*

Die Temperaturabnahme in der Atmosphäre, welche wir mit wachsender Erhebung über dem Erdboden durch unser Gefühl und das Thermometer beobachten, müsste daher auch bei überall gleicher Temperatur der Atmosphäre nothwendig stattfinden, und ich glaube in der That, dass in den hier entwickelten Umständen die wesentlichste Ursache für das Sinken des Thermometers mit wachsender Erhebung über dem Erdboden zu suchen ist. — Setzt man daher als Ursache der constanten Temperatur der betrachteten Gasmasse die von einer sehr entfernten Wärme-

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = e^{-\frac{gr}{a}}$$

oder wenn man

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = x$$

setzt:

$$\log_n x = -\frac{gr}{a}$$

Da nun der Werth von a nach dem Früheren ist:

$$a = \frac{g_1 \varrho_1 a_1}{\varrho}$$

so kann man die Frage beantworten, wie gross die Dichtigkeit ϱ eines überall verbreiteten Gases angenommen werden müsste, damit dass Verhältniss x der Dichtigkeiten desselben im Raume und an der Oberfläche selbst des grössten Körpers in unserem Planetensysteme einen bestimmten Werth nicht überschreite. Ich will annehmen, der Unterschied der beiden Dichten soll nicht grösser als $\frac{1}{100}$ sein. Alsdann wird

$$x = 0.99$$

und man hat zur Bestimmung von a die Gleichung:

$$a = -\frac{gr}{\log_n 0.99}$$

oder mit Hülfe des obigen Werthes von a:

$$\varrho = -\frac{g_1 \varrho_1 a_1}{gr} \log_n 0.99$$

---

quelle, z. B. von der Sonne, ausgehende constante Strahlung voraus, so muss man, unabhängig von jeder besonderen Hypothese über die Beziehungen zwischen dem Träger der Strahlung und den Molecülen der Gasmasse, die Annahme machen, dass jedes einzelne dieser Molecüle durch Strahlung diejenige Wärmemenge in der Zeiteinheit empfängt, welche dasselbe in der gleichen Zeit durch eigene Strahlung verliert. Betrachtet man jene Molecüle im Sinne der mechanischen Theorie der Gase als discrete, elastische Massen, die sich im Verhältniss zu ihren Dimensionen in durchschnittlich sehr grossen Abständen befinden und nur in relativ sehr grosser Nähe auf einander wirken, so kann die Temperatur eines Aggregates solcher Molecüle wesentlich nur von der Intensität der Bestrahlung und nicht von der Dichtigkeit, d. h. von der Grösse des mittleren Abstandes der Molecüle abhängig sein.

Die Temperatur der den planetarischen Raum erfüllenden Gase wird daher in allen Puncten, welche in einer mit der Sonne concentrischen Kugeloberfläche liegen, als constant angenommen werden müssen, so lange diese Puncte nicht in der Nähe eines wärmestrahlenden Körpers, z. B. einer Planetenoberfläche liegen.

Indem man für g und r die der Sonne zugehörigen Werthe einsetzt, erhält man:

$$\varrho_s = \frac{1}{186.10^9}$$

Dieselbe Rechnung unter denselben Bedingungen für die Erde ausgeführt, giebt:

$$\varrho = \frac{1}{161.10^7}$$

Bei diesen Werthen ist die Dichtigkeit des Wassers als Einheit angenommen. Legt man diejenige der atmosphärischen Luft zu Grunde, so erhält man:

$$\varrho_s = \frac{1}{241.10^6}$$

$$\varrho_r = \frac{1}{208.10^4}$$

Betrachtet man also z. B. das Medium, welches uns die Lichtschwingungen im Weltraum vermittelt als ein der Schwere unterworfenes Gas, so würde sich durch eine derartige Berechnung ein oberer Grenzwerth der Dichtigkeit dieses Gases bei 0° und dem normalen Barometerdruck ermitteln lassen, wenn auf anderem Wege empirisch bestimmt werden kann, welcher Dichtigkeitsunterschied an verschiedenen Stellen des Raumes nicht überschritten werden darf, ohne die Genauigkeit bekannter Beobachtungen merklich zu beeinflussen.

Zur Bestimmung einer solchen oberen Grenze für die Dichtigkeit des Aethers würden sich folgende Wege darbieten:

1. die Vergleichung der experimentell an der Erdoberfläche bestimmten Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes mit der hierfür aus astronomischen Beobachtungen abgeleiteten Grösse,

2. die Berechnung des mechanischen Widerstandes, welchen der Aether, unter Annahme eines bestimmten Widerstandsgesetzes, z. B. des Newton'schen, nicht überschreiten darf, ohne die Umlaufszeit eines Körpers von bekannter Masse, Geschwindigkeit und Grösse um den Centralkörper in einer für unsere Beobachtungen merklichen Weise zu verändern.

Einen unteren Grenzwerth für die Dichtigkeit des Aethers hat W. THOMSON durch Anwendung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft auf die actinometrischen Untersuchungen POUILLET's zu bestimmen versucht und hierbei gefunden[1]:

$$\varrho > \frac{1}{156.10^{18}}$$

Unter Voraussetzung, dass ein Gas, welches unter den normalen Druck- und Temperaturverhältnissen die obige Dichtigkeit besässe, den Weltraum erfülle, würde das betrachtete Verhältniss x selbst unter dem Einflusse der Attraction des Sonnenkörpers einen von der Einheit so wenig verschiedenen Werth erlangen, das man erhält:

$$\log.\ x = 0.000\,000\,000\,005$$

Auf dem ersten der oben angegebenen Wege würde man daher wohl für immer verzichten müssen, die Existenz eines derartigen Werthes nachzuweisen.

10. *Atmosphären der Himmelskörper und ihrer Trabanten.*

Wenn die bisher angestellten Betrachtungen im Wesentlichen nur den Zweck hatten, zu zeigen, dass die Annahme einer allgemeinen Verbreitung der atmosphärischen Gase im Weltraum nicht zu Folgerungen führt, welche mit den Thatsachen der Beobachtung in Widerspruch treten, so mag in Folgendem eine bisher unerklärte Erscheinung. nämlich die Abwesenheit einer wahrnehmbaren Mondatmosphäre. angeführt werden, welche eine nothwendige Consequenz jener Annahme ist.

Auch ohne die Dichtigkeit des angenommenen Gases im Raume zu kennen, ist es nach den oben entwickelten Formeln leicht, den Ausdruck für das Verhältniss der Dichtigkeiten dieses Gases an der Oberfläche zweier Himmelskörper zu bilden, deren Masse und Grösse bekannt sind. Bezeichnen wie früher σ und σ_1 die Dichtig-

---

1) Edinb. Trans. XXI. 57—61. Comptes Rendus XXXIX. 529—534. Vgl. auch das Referat von HELMHOLTZ in den Berliner Berichten der physik. Ges. 1854. X. Jahrgang. p. 378.

keiten an den Oberflächen dieser Körper, und t und t_1 die absoluten Temperaturen in den Räumen, in denen sich das Gas mit den Körpern befindet, so erhält man als Ausdruck für das Verhältniss $\frac{\sigma}{\sigma_1}$ unter den gemachten Annahmen:

$$\text{log.nat.}\ \frac{\sigma}{\sigma_1} = \frac{1}{a\alpha}\left(\frac{gr}{t} - \frac{g_1 r_1}{t_1}\right) \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

Wendet man diese Formel auf Mond und Erde an, und setzt mit Rücksicht auf ihre im Mittel gleiche Entfernung von der Sonne

$$t = t_1$$

so erhält man bei der Temperatur des schmelzenden Eises

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = \frac{1}{10^{332}}$$

also eine Dichtigkeit der atmosphärischen Gase, die in der That gegenüber derjenigen an der Erdoberfläche vollkommen verschwindend ist.

Dieselbe Rechnung auf die andern Körper unseres Planetensystems angewandt, giebt für alle bis einschliesslich Mars unter den angenommenen Bedingungen fast vollkommen verschwindende Werthe, dagegen für die Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun und vollends für die Sonne so ungeheure Zahlen, dass selbst bei hohen Temperaturverhältnissen an der Oberfläche dieser Körper möglicherweise die physikalischen Eigenschaften ihrer Massen, z. B. ihr specifisches Gewicht, durch Absorptionsprocesse sehr merklich beeinflusst werden könnten.

Bei niedrigen Temperaturen und einer dadurch bedingten überall festen Incrustation der Oberfläche könnten minimale Quantitäten von Gasen oder Dämpfen, die den atmosphärischen Gasen, theils beigemengt sind, theils als Resultate einer unter irdischen Druckverhältnissen unmerklichen chemischen Reaction der beiden Hauptbestandtheile betrachtet werden dürfen, durch so ungeheure Drucksteigerungen einen Werth erreichen, welcher sich durch wahrnehmbare Absorptionswirkungen im Spectrum des von solchen Atmosphären reflectirten Sonnenlichts bemerklich macht. Die eigenthümlichen Spectra des Uranus und Neptun dürften von diesem Gesichtspuncte aus einer erhöhten Aufmerksamkeit und genaueren Untersuchung werth sein.

Indessen mag eine derartige Conjectur hier unterdrückt und nur noch darauf hingewiesen werden, dass diejenigen Körper unseres Planetensystems, welche nach den hier angeführten Berechnungen verschwindende Atmosphären von Stickstoff und Sauerstoff besitzen, dessenungeachtet Atmosphären aus anderen Stoffen, z. B. aus Wasserdampf, besitzen können. Es wird die Oberfläche eines Planeten unter Annahme einer genügend hohen eigenen Temperatur von einer sehr beträchtlichen Dampfatmosphäre umhüllt sein müssen, in welcher, je nach der Höhe der Temperatur, auch noch andere, leichter flüchtige, Stoffe enthalten sein können. Auch die durch wechselnde Wärmestrahlung der Sonne erzeugten Temperaturdifferenzen würden auf einer allseitig mit Wasser bedeckten Planetenoberfläche mannigfache Condensationserscheinungen bedingen, die für einen fernen Beobachter den Character atmosphärischer Processe darbieten müssten. — Zu derartigen Annahmen über die Oberflächenbeschaffenheit wäre man bei einem von denjenigen Planeten genöthigt, für welchen die frühere Rechnung eine verschwindende Atmosphäre von Stickstoff und Sauerstoff ergeben hat, und anderweitige Beobachtungen die Existenz einer Atmosphäre bewiesen.

Nach der erwähnten Rechnung würde z. B. an der Oberfläche der Venus die Dichtigkeit der aus Stickstoff und Sauerstoff gebildeten Atmosphäre nur $\frac{1}{10^{24}}$ von der Dichtigkeit der irdischen Atmosphäre betragen und daher für unsere Wahrnehmung vollkommen verschwinden. Da nun aber die verschiedenartigsten Beobachtungen die Existenz einer sogar sehr beträchtlichen Atmosphäre auf der Venus beweisen, so wäre man genöthigt, ihrer Oberfläche bei Abwesenheit von Wasser eine so hohe Temperatur beizulegen, dass leichter flüchtige Stoffe, wie z. B. Natrium oder Magnesium, verdampften und jene Atmosphäre erzeugten. Bei einer ausgebreiteten Umhüllung von Wasser würden aber auch die durch kräftige Insolation erzeugten Temperaturunterschiede hinreichen, um die erforderlichen Verdampfungs- und Condensationserscheinungen zu erzeugen. Beide Eigenschaften können auch gleichzeitig vorhanden sein und durch ihre gemeinsame Wirkung die auf der Oberfläche der Venus beobachteten atmosphärischen Processe bedingen.

Da die eigenen Temperaturen der Planeten wesentlich von der Grösse und Abkühlungsgeschwindigkeit ihrer Massen abhängen, so würde die erste und jedenfalls wirksamste der obigen beiden Ursachen, welche für die Existenz einer aus nicht permanenten Gasen bestehenden Atmosphäre angenommen wurden, um so weniger wahrscheinlich werden, je kleiner die Masse eines Planeten ist. Da nun die Masse des Mars (für welchen unsere Rechnung ebenfalls einen vollkommen verschwindenden Werth der Dichtigkeit der permanenten atmosphärischen Gase ergiebt), ungefähr 7.8 Mal kleiner als diejenige der Venus ist, so würden die atmosphärischen Processe auf dem Mars wesentlich nur der Anwesenheit des Wassers und seiner Dämpfe, in Verbindung mit dem wechselnden Einflusse der Insolation, zuzuschreiben sein, eine Annahme, welche ja bekanntlich auch durch andere Erscheinungen, z. B. durch die mit der Bestrahlung wechselnde Grösse der weissen Polarflecken gestützt wird.

Berücksichtigt man dagegen die kleine Masse des Merkur und die geringe Verschiedenheit der Werthe von gr bei diesem Planeten und dem Monde, die sich nur im Verhältniss von 28 zu 27 unterscheiden, ferner seine grosse Sonnennähe, vermöge deren er eine 6.6 Mal grössere Wärmemenge als die Erde erhält, so darf, wie ich glaube, mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass Merkur ebensowenig wie der Mond in seiner gegenwärtigen Entwickelungsphase. eine unter gewöhnlichen Verhältnissen merkliche Atmosphäre besitze.

Photometrische und spectroskopische Untersuchungen werden hierüber näheren Aufschluss geben, namentlich erstere, wenn die früher von mir in meinen »photometrischen Untersuchungen« bewiesene Abhängigkeit der Beleuchtung eines Planeten von seiner Oberflächenbeschaffenheit berücksichtigt wird.

11. *Verdampfung kosmischer Flüssigkeitsmassen.*

In Folgendem sollen nun diejenigen Erscheinungen näher erörtert werden, welche frei im Weltraume schwebende Flüssigkeitsmassen unter dem Einflusse einer variablen Temperatur und Wärmestrahlung darbieten müssen, wenn wir ihnen diejenigen allgemeinen

Eigenschaften beilegen, welche an irdischen Flüssigkeiten durch Beobachtungen festgestellt sind.

In der oben (§. 4) mitgetheilten Tabelle wurden die Temperaturen und Massen einiger Stoffe angegeben, welche, ihren eigenen Kräften überlassen, sich nothwendig in Dampfmassen auflösen mussten, und zwar im flüssigen Aggregatzustande durch Dampfblasen-Entwickelung aus allen ihren Theilen. Befindet sich eine solche Masse succesive unter dem Einflusse verschiedener Temperaturen, so muss die Quantität der in der Zeiteinheit entwickelten Dampfmenge sich ändern und zwar mit wachsender Temperatur steigen, mit sinkender abnehmen. Ebenso wird die Tiefe, in welcher unter dem Niveau der Flüssigkeit die Blasenentwickelung beginnt, eine mit der Temperatur variable sein. Diese Entwickelung muss stets innerhalb derjenigen Tiefe beginnen, wo der hydrostatische Druck kleiner als das Maximum der Spannkraft der Dämpfe bei der herrschenden Temperatur ist. Man sieht leicht, dass die Veränderlichkeit dieser Tiefe für gleiche Temperaturschwankungen desto geringer werden muss, je grösser unter sonst gleichen Umständen die Flüssigkeitsmasse ist.

Auf der Erde steht die Oberfläche des Wassers unter dem Drucke einer Stickstoff- und Sauerstoffatmosphäre, welcher im Durchschnitt äquivalent dem hydrostatischen Drucke einer Wassersäule von 10.33 Metern ist. Da nun die Spannung des Wasserdampfes erst bei einer Temperatur von 100° C. jenen Werth erreicht, so können für alle Temperaturschwankungen unterhalb desselben die Veränderungen der Dampfspannung nur durch den Verdunstungsprocess an der Oberfläche des Wassers vor sich gehen. Denken wir uns aber die aus den genannten Gasen bestehende Atmosphäre entfernt, oder ein Gefäss mit Wasser in eine solche Höhe versetzt, in welcher der aërostatische Druck verschwindend ist, so müsste für jede Temperatursteigerung der Flüssigkeit ein Siedeprocess in Form von Blasenentwickelung bis zu einer gewissen Tiefe unterhalb des Niveau's stattfinden, und zwar bis zu einer solchen, in welcher der hydrostatische Druck gleich dem Maximum der Dampfspannung für die erhöhte Temperatur ist. Die Dampfentwickelung muss alsdann so lange fortdauern, bis der Druck der gebildeten Dampfatmosphäre auf die Oberfläche der Flüssigkeit dem erwähnten Maximum ent-

spricht. So würde z. B. unter der gemachten Annahme an der Erdoberfläche eine plötzliche Temperatursteigerung des Wassers von 10° C. auf 15° C. von einem Siedeprocess begleitet sein, bei welchem die Entwickelung von Dampfblasen bis zu einer Tiefe von 47.6 Millimeter unter dem Niveau hinabreichte. Bei einer Wasserkugel von den Dimensionen unserer Erde, die also eine 5.6 Mal kleinere Masse als die letztere besässe, würde jene Blasenentwickelung bis zu einer Tiefe von 266.6 Millimetern hinabreichen.[1]) Diese Betrachtungen zeigen, dass partielle Temperaturänderungen flüssiger, kosmischer Massen von Aenderungen des Aggregatzustandes begleitet sind, die um so intensiver vor sich gehen, je kleiner die Massen und je grösser die Temperaturveränderungen sind.

12. *Entwickelung der Dämpfe auf der von der Sonne bestrahlten Seite.*

Befindet sich eine derartige Masse an einer Stelle des Weltraumes, wo die Strahlung keines Fixsternes wesentlich überwiegt, so muss sie diejenige Temperatur annehmen, welche man als »Temperatur des Weltraumes« bezeichnet und die POUILLET aus seinen actinometrischen Versuchen zu — 142° C. berechnet.[2]) Gelangt jedoch die betrachtete Masse durch die Attractionswirkung eines grösseren Fixsternes in die Nähe einer strahlenden Wärmequelle, so wird zunächst diejenige Seite erwärmt werden, welche der Strahlung ausgesetzt ist. Es werden daher vorzugsweise nur auf dieser, der Wärmequelle zugewandten, Seite die oben geschilderten Verdampfungs- und Siedeprocesse stattfinden, indem die auf der entgegengesetzten Seite befindlichen Theile im Schatten des flüssigen Körpers liegen und daher nur indirect, vermöge der durch Strömungen vermittelten Leitung, erwärmt werden können. Auf dieser, der Wärmequelle abgewandten, Seite werden vorzugsweise Condensationserscheinungen eintreten, indem die Flüssigkeit hier durch Ausstrahlung eine Temperaturerniedrigung erleidet, welche

---

1) Bei diesen Berechnungen ist von dem sogenannten Siedeverzuge durch Ueberwindung der Molecularattraction abgesehen worden.

2) POUILLET, Mémoire sur la chaleur solaire etc. Paris 1838.

unter günstigen Umständen sogar partiell eine Ueberführung in den festen Aggregatzustand bewirken könnte.

Um eine Vorstellung von der Dicke der Schicht zu erhalten, innerhalb welcher sich der Einfluss der Sonnenstrahlung auf eine Wassermasse noch geltend machen kann, will ich bemerken, dass die Sonne durch eine Schicht von nur 58 Metern des reinsten Wassers gesehen, bereits auf die Helligkeit der Vollmondscheibe, d. h. auf $\frac{1}{618000}$ ihres ursprünglichen Glanzes reducirt sein würde. [1]) Vergleicht man diese Dicke mit den in der obigen Tabelle zusammengestellten Dimensionen nicht stabiler Wassermassen, so sieht man, dass letztere auf der der Sonne abgewandten Seite vollkommen beschattet und jedem directen Einfluss der Wärmestrahlung entzogen sein müssen.

Ist nun durch den beschriebenen Process die ganze Flüssigkeitsmasse in Dampf verwandelt — was nach dem Früheren bei um so niedrigeren Temperaturen geschehen kann, je kleiner die ursprünglich vorhandene Masse war — so wird dieselbe bei Entfernung von der Wärmequelle und der dadurch bedingten Temperaturerniedrigung entweder wieder einen flüssigen Kern erzeugen, oder, wenn die Temperaturabnahme keine hinreichende war, langsam im Raume durch stetige Verdünnung verschwinden.

Gelangen demnach flüssige Meteormassen in den Bereich der Anziehungskraft der Sonne, so werden sie sich uns als Körper darbieten müssen, die von einer Dunsthülle umgeben sind, welche sich auf der der Sonne zugewandten Seite fortdauernd entwickelt. Je kleiner diese Massen sind, in desto grösserer Entfernung von der Sonne werden sie vollständig in Dampfkugeln verwandelt sein und alsdann, in Folge der Durchstrahlbarkeit der ganzen Masse, keine wesent-

---

1) Vergl. meine photometrischen Untersuchungen p. 105. — Ich habe hierbei für den Absorptionscoefficienten des Wassers den von WILD (POGG. Ann. XCIX. 235—274) nach Filtration des Wassers durch »sehr feines Filtrirpapier« für eine Dicke von 1 Par. Zoll erhaltenen ($a = 0.9939$) zu Grunde gelegt, welcher nahe mit dem von mir (POGG. Ann. CIX. p. 253. 1860) nach längerem Stehen des destillirten Wassers gefundenen ($a = 0.9893$) übereinstimmt.

lichen Unterschiede mehr auf der der Sonne zu- und abgewandten Seite zeigen können.

13. *Die kleinen Cometen als Dampfatmosphären flüssiger Meteormassen. Erklärung der Coïncidenz der Bahnen von Meteorschwärmen und kleiner Cometen. Gelatinöse Sternschnuppensubstanzen.*

Die Frage nun, ob es unter den verschiedenen Himmelserscheinungen auch solche gebe, welche dem soeben geschilderten Anblick flüssiger Meteormassen in wesentlichen Puncten entsprechen, muss im Hinblick auf die Cometen entschieden bejaht werden. Sieht man zunächst von der Schweifbildung ab, so sind es namentlich die sogenannten kleinen Cometen, deren äusserer Character vollkommen dem Aussehen kugelförmiger Dunstmassen entspricht. In der That, giebt man die Existenz flüssiger Meteormassen zu — und ich sehe keinen irgend wie haltbaren Grund, ihr Vorkommen unter den zahllosen festen Massen im Weltraume a priori zu bestreiten — so ist die von SCHIAPARELLI hervorgehobene und von Andern bestätigte Uebereinstimmung zwischen den Bahnen kleiner Cometen mit denjenigen der Meteor- und Sternschnuppenschwärme eine nothwendige und selbstverständliche Folge jener Annahme.

Würde unsere Erde jemals durch einen ähnlichen Process in einzelne Stücke zertrümmert, durch welchen sich OLBERS[1]) die kleinen Planeten entstanden denkt, so müssten sich neben den zahlreichen festen Fragmenten auch Theile der gegenwärtigen Meere und der im Innern gebildeten flüssigen Kohlenwasserstoffverbindungen (Petroleum) zu einzelnen Flüssigkeitskugeln gruppiren, die den Bewohnern anderer Welten den Anblick cometenartiger, mit variablen Dunsthüllen umgebener Körper darböten. Indessen würde man sich bei dem erwähnten Vorkommen flüssiger Meteoriten zu der Erwartung berechtigt halten dürfen, unter den zahlreichen Meteorkörpern, welche zufällig auf die Erde fallen, zuweilen auch flüssigen Fragmenten zu begegnen, welche trotz des bedeutenden Widerstandes unserer Atmosphäre wenigstens als Reste ursprünglich grösserer Massen die Erdoberfläche erreichen müssten.

ZACH's monatl. Correspondenz. Bd. VI. p. 88.

Bezüglich dieser Frage erlaube ich mir auf einen interessanten und im Druck erschienenen Vortrag des Herrn Professor GALLE, Directors der Sternwarte zu Breslau, aufmerksam zu machen, welchen derselbe am 20. Januar 1869 »über den gegenwärtigen Stand der Untersuchungen über die gelatinösen sogenannten Sternschnuppen-Substanzen« gehalten hat. Am Schlusse seines Vortrages (p. 20) bemerkt GALLE über diese aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden Massen wörtlich Folgendes:

»Fasst man alle diese Nachrichten zusammen, so hat man mehr als 20 einzelne Fälle, aus verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Orten, vornehmlich aus Deutschland, wo man gelatinöse Massen in unmittelbarer Nähe hat niederfallen sehen, in vielen Fällen in der Luft und oftmals auch noch am Boden leuchtend oder vielmehr phosphorescirend. Es dürfte zu gewagt sein, alle diese zum Theil sehr umständlichen und in Bezug auf die gelatinöse Natur der Substanz völlig übereinstimmenden Berichte einfach für Täuschungen oder Unwahrheiten zu erklären, wenn auch namentlich die Nachrichten aus älterer Zeit in ihren Einzelheiten nicht mit dem Massstabe heutiger genauer Beobachtungs-Methoden werden gemessen werden können. Zwar sind die Berichte nicht so zahlreich, als über die nun bereits zu Hunderten angewachsenen und noch bis zum Anfange dieses Jahrhunderts bezweifelten Meteorsteinfälle, allein es wird zu beachten sein, dass unter übrigens gleichen Umständen das Herabfallen solcher kleineren Massen stets sehr viel leichter unbemerkt bleiben wird, als das in weitem Umkreise sichtbare und hörbare Herabfallen meteorischer Steine. Mehrere der umsichtigsten und besonnensten Forscher, wie CHLADNI, OLBERS, POGGENDORFF u. A., theilen ebenfalls die Ansicht, dass die Berichte nicht ohne weiteres zu verwerfen seien. Um so schwieriger ist es jedoch, für diese Erscheinungen, und wenn deren auch nur wenige als zuverlässig erscheinen sollten, eine Erklärung zu finden.«

14. *Eigene Lichtentwickelung der Cometen. Electrisches Selbstleuchten.*

Die Cometen bieten aber ausser den angeführten noch Erscheinungen dar, welche durch die bisher vorausgesetzten allgemeinen Eigenschaften flüssiger Körper nicht erklärt werden können. Diese Erscheinungen sind die beiden folgenden:

1. die durch die Spectralanalyse bewiesene eigene Lichtentwickelung,[1])
2. die Bildung der Schweife und ihre eigenthümliche Beziehung zur Sonne.

Soll daher das Selbstleuchten der Cometen unter Aufrechterhaltung der bisher entwickelten Anschauungen erklärt, d. h. auf bekannte Erscheinungen zurückgeführt werden, so hat man sich zunächst einfach die Frage vorzulegen:

»unter welchen Umständen werden dampf- oder gasförmige Körper selbtleuchtend?«

Wir kennen bis jetzt nur zwei Ursachen, unter deren Einfluss dies geschieht, nämlich:

1. die Temperaturerhöhung, z. B. beim Verbrennungsprocess,
2. die electrische Erregung, z. B. bei dem Ausströmen der Electricität aus Spitzen oder ihrem Durchgange durch luftverdünnte Räume.

Nur zwischen diesen beiden Ursachen haben wir zu wählen, wenn das Selbstleuchten der Cometen durch bekannte und nicht mit Hülfe von Hypothesen über bisher unserer Erkentniss verschlossen gebliebene Eigenschaften der Materie erklärt werden soll.

---

1) HUGGINS, Phil. Trans. 1868. p. 529. Die hier zuerst am BRORSEN'schen Cometen gemachten Beobachtungen sind später von Andern auch an andern Cometen wiederholt und bestätigt worden.

TYNDALL scheint diese wichtige Thatsache bei seiner am 8. März 1869 der philosophischen Gesellschaft zu Cambridge mitgetheilten »Cometentheorie« gänzlich übersehen zu haben. Dieser Umstand genügt allein schon, wie ich glaube, jene Theorie als eine unhaltbare erscheinen zu lassen, auch ohne auf eine weitere Kritik der Deductionen TYNDALL's vom physikalischen Standpuncte einzugehen. Doch hierüber Ausführlicheres an einem anderen Orte.

Ich überlasse es dem Leser, sich die physikalischen Widersprüche zu entwickeln, zu welchen die Annahme eines Verbrennungsprocesses bei den Cometen führen würde. Gesetzt aber, man wollte dennoch eine solche Annahme aufrecht erhalten, so müsste offenbar für die Erklärung der Schweifbildung noch eine zweite Ursache angenommen werden, da der Verbrennungsprocess als solcher keine Momente zur Erklärung dieser Erscheinung enthält.

Lässt sich dagegen zeigen, dass die Annahme einer electrischen Erregung der Dunsthüllen der Cometen nicht nur zur Erklärung des Selbstleuchtens, sondern gleichzeitig auch zu der der Schweifentwickelung mit allen ihren bisher räthselhaften Erscheinungen genügt, so ist die Wahl zwischen beiden Ursachen nach logischen Gesetzen keine willkürliche mehr. Wir wären alsdann gezwungen, in der Licht- und Schweifentwickelung der Cometen die Wirkungen electrischer Processe zu erblicken; gleichzeitig würde diese Anschauungsweise durch die angeführten Umstände einen so hohen Grad der Wahrscheinlichkeit erlangen, wie dies bei der Deduction kosmischer Phänomene aus bisher blos an irdischen Körpern beobachteten Eigenschaften der Materie nur irgend erwartet werden darf.

15. *Electricität an zerstäubenden Flüssigkeitsmassen.*

Die erste Frage, welche sich uns bei Annahme eines electrischen Selbstleuchtens der cometarischen Dunsthüllen darbietet, ist die nach dem Sitz und der Ursache der hierzu erforderlichen permanenten electrischen Erregung. Da nach den früheren Betrachtungen die Dunsthülle durch einen permanenten Verdampfungs- und Siedeprocess in Form von Blasenentwickelung aus dem Innern der Flüssigkeit erzeugt wird, so kann der Sitz der Electricitätsentwickelung nur in diesem Process gesucht werden, sei es in der Veränderung des Aggregatzustandes, sei es in der beim Sieden der Flüssigkeiten stattfindenden mechanischen Trennung und Zerstäubung in feinere Tröpfchen.

Dass die Verwandlung des flüssigen Aggregatzustandes in den dampfförmigen und umgekehrt allein ausreichend sei, um merkliche Electricitätsmengen zu entwickeln, scheint nach den Versuchen

von POUILLET,[1]) FARADAY,[2]) RIESS[3]) und Anderer nicht angenommen werden zu dürfen. Dagegen liegen interessante Versuche vor, welche das mechanische Zerreissen von Flüssigkeitstheilchen beim Zerstäuben von Wasserstrahlen als eine sehr ergiebige Electricitätsquelle erscheinen lassen.

P. RIESS stellt in seiner »Lehre von der Reibungselectricität« Bd. II. p. 525 die über diese Erscheinung gesammelten Erfahrungen in folgenden Worten zusammen:

»Electricität an zerstäubenden Wasserstrahlen. Als TRALLES[4]) unter dem Staubdache im Lauterbrunner Thale den feinen Wasserstaub auf den Deckel eines Electroskopes fallen liess, erhielt er Anzeige von negativer Electricität, und dieselbe Erscheinung an anderen Stellen in einiger Entfernung von stürzenden Wassern. VOLTA bestätigte diese Electricitätserregung unter grösseren und kleineren Wasserfällen, über Wasserstürzen und Strudeln in einem Bache, wenn sich nur an dem Standpuncte des Beobachters eine Säule von Wasserstaub erhob. Bei kleinen Wasserfällen und an einer Schleusse wurde die Electricität erst mit Hülfe einer an der Spitze des Electroskopes angebrachten Flamme merklich, war aber überall negativ. SCHÜBLER[5]) fand diese negative Electricität sehr stark an dem Falle des Reichenbaches, und schon bei einer Entfernung von 300 Fuss merklich; er konnte mit Hülfe einer Flamme[6]) eine Flasche durch den Wasserstaub zu Funken und fühlbaren Schlägen in einigen Minuten laden. Auch später hat SCHÜBLER diese Electricität häufig untersucht[7]) und Schwankungen in ihrer Stärke bemerkt, je nachdem der Wind mehr oder weniger Wasserstaub dem Instrumente zuwehte, sie aber niemals anders als negativ gefunden. Dadurch unterscheidet sich diese

1) Annales de chimie 1827. Bd. 35. p. 5.
2) Philosophical Transactions f. 1843. P. I. Exper. research. Ser. 18.
3) Die Lehre von der Reibungselectricität II. p. 406.
4) VOLTA, Meteor. electr. lett. 7. Collezione I_2. 239.
5) SCHWEIGGER Journ. Bd. 9. p. 358.
6) Als Mittel zum Aufsaugen der Electricität.
7) SCHWEIGGER Journ. Bd. 69. p. 273.

Electricität von der des Regens und Nebels, die nicht selten im Zeichen wechselt.«[1])

Durch die angeführten Versuche ist also wenigstens die Existenz electrischer Processe unter Umständen nachgewiesen, wie wir sie bei den siedenden und schäumenden, durch lebhafte Ströme bewegten kosmischen Flüssigkeitsmassen nothwendig voraussetzen müssen.

Dass wir des Nachts den Staub eines Wasserfalls nicht mit der Helligkeit eines Cometenschweifes leuchten sehen, erklärt sich leicht, mit Berücksichtigung des Einflusses, welchen die Dicke durchstrahlbarer leuchtender Schichten auf ihre scheinbare Helligkeit ausübt.

Denken wir uns die Zahl der feinen Wassertheilchen bei gleicher Dichtigkeit der Electricität an ihrer Oberfläche in demselben Verhältnisse vergrössert, als die Masse jedes einzelnen sich verkleinert, so kann die Dicke der electrisch leuchtenden Schicht bei constanter Masse des Wassergehaltes ausserordentlich vergrössert und dadurch die scheinbare Helligkeit beträchtlich erhöht werden. Es finden hierbei dieselben Betrachtungen Anwendung, welche ich in meiner Abhandlung »über das Spectrum des Nordlichtes« entwickelt habe.[2])

Das Spectrum der auf diese Weise electrisch leuchtenden Dunsthülle eines Cometen muss nothwendig dasjenige sein, welches beim Uebergange der Electricität durch die vom flüssigen Kerne entwickelten Dämpfe erzeugt wird. Besteht dieser Kern aus einem Gemenge verschiedener Flüssigkeiten, so wird bei schwacher Electricitätserregung zunächst nur das Spectrum desjenigen Stoffes erscheinen, dessen Emissionsvermögen bei niedrigen Temperaturen das grössere ist. Wenn daher dem Wasser und den flüssigen Kohlenwasserstoffen (z. B. dem Petroleum) unter den kosmischen Flüssigkeiten — als Fragmenten zertrümmerter Weltkörper — eine hervorragende Rolle eingeräumt werden darf, so können die Spectra der Cometen vorzugsweise nur solche sein, welche den

---

1) Diese Constanz des Zeichens scheint mir in der That jeden auf Influenz durch die Luftelectricität gegründeten Erklärungsversuch auszuschliessen, und nur die mechanische Trennung als einzige Ursache der beobachteten Electricitätsentwickelung zuzulassen; eine Annahme, die durch die Analogie mit ähnlichen Electricitätserregungen bei festen Körpern wesentlich unterstützt wird.

2) Siehe Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss.; Sitzung vom 31. Oct. 1870.

Dämpfen dieser Stoffe und ihren Bestandtheilen angehören. **Auf diese Weise würde sich die Analogie und theilweise Coïncidenz der bisher beobachteten Cometenspectra mit den Spectrum des electrischen Funkens in einer Atmosphäre von Kohlenwasserstoffdämpfen erklären.**

16. *Die Cometen-Schweife und ihre Richtung ein Phänomen der electrischen Repulsion. Freie Electricität der Sonnenoberfläche und ihre Quellen.*

Ich wende mich nun zur Erklärung der Schweifentwickelung der Cometen und der wesentlichsten der dabei vorkommenden Erscheinungen.

Sowohl die von der Sonne abgewandte Richtung der Coma als auch die Abhängigkeit ihrer Länge von der Entfernung derselben fordern nothwendig die Annahme einer bestimmten Beziehung zwischen der Sonne und den Cometen, welche in den bisher bekannten Fernewirkungen der ersteren, nämlich der gravitirenden, optischen und thermischen Action nicht enthalten ist. Denn obgleich die letztere eine beträchtlich verstärkte Dampfentwickelung der kosmischen Flüssigkeitsmassen bei Annäherung an die Wärmequelle nothwendig macht, so wird doch hierdurch zunächst nur die grössere Reichhaltigkeit des Materials zur Schweifbildung in der Nähe des Perihels, nicht aber die Verwerthung desselben zu einer von der Sonne abgewandten Coma erklärt.

Es soll nun gezeigt werden, dass die Annahme einer electrischen Fernewirkung der Sonne auf alle sie umkreisenden Körper nothwendig und ausreichend ist, um daraus alle wesentlichen und characteristischen Erscheinungen der Schweife und Dunsthüllen der Cometen abzuleiten.

Um jedoch zunächst einer solchen Annahme das Befremdende zu rauben, welches Viele, der Neuheit wegen, darin finden könnten,[1]) mag daran erinnert werden, dass auch unsere Erde, mit

1) Während des Druckes dieser Arbeit erhalte ich Kenntniss von zwei Aufsätzen des Professor Osborne Reynolds in den »Chemical News« vom 16. Dec. 1870 und vom 16. März 1871, in welchen ebenfalls die Cometen-Schweife, nach Analogie des Nordlichtes und der Corona der Sonne als electrische Phänomene betrachtet werden.

Rücksicht auf die überall und stets vorhandene Luftelectricität, als ein von einer permanent electrischen Atmosphäre umgebener Weltkörper zu betrachten ist.

Bekanntlich lassen sich nach LAMONT alle Erscheinungen der veränderlichen Spannung der Luftelectricität durch die Annahme einer gewissen permanenten Menge freier negativer Electricität an der Erdoberfläche erklären. Welcher Art auch die Ursache und Quelle dieser Electricität sein mag, sie wird ebenfalls als eine permanent wirksame vorausgesetzt und wahrscheinlich in den thermischen und mechanischen Vorgängen auf oder in der Erde, d. h. in meteorologischen oder vulkanischen Processen gesucht werden müssen. Derartige Processe vollziehen sich nun aber auf der Sonne — freilich unter thermisch veränderten Verhältnissen — in unvergleichlich viel grösserem Massstabe. Sollte man daher nicht berechtigt sein, bei so bedeutend gesteigerter Intensität der Ursachen auch eine entsprechende Steigerung der Wirkungen vorauszusetzen? — Man vergegenwärtige sich nur die fortdauernd mit ungeheurer Gewalt in Form eruptiver Protuberanzen hervorbrechenden Dampf- und Gasströme und vergleiche sie mit den starken electrischen Processen einer Dampfelectrisirmaschine, oder den bei Eruptionen irdischer Vulkane regelmässig beobachteten starken Gewittererscheinungen. und man wird bei längerem Nachdenken Gründe genug finden, um in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen und Anschauungen von RESPIGHI, TACCHINI und Anderer die Annahme einer starken Electricitätsentwickelung auf der Sonne nicht nur als zulässig, sondern auch als nothwendig zu betrachten.

ARMSTRONG, bekanntlich der Erfinder der Dampfelectrisirmaschine, beschreibt die Wirkungen derselben wie folgt:

»Die Versuche, die ich seit meiner letzten Mittheilung angestellt, haben den Schluss, zu welchem ich damals gelangt, voll-

---

Die in diesen Aufsätzen entwickelten Ansichten weichen jedoch gerade in den wesentlichsten Puncten so bedeutend von den meinigen ab, namentlich dadurch, dass die Schweife nicht materielle Theile des Kernes »*material appendages of the nucleus*«, sondern eine durch die Bewegung der Cometen in dem Aether erzeugte Reibungswirkung »*an effect produced by the comet on the material through which it is passing*;« »*the tail would be due to the incandescent ether*«; sein soll, dass ich hier von einer weiteren Berücksichtigung des Inhaltes glaube absehen zu können.

kommen bestätigt, nämlich, dass die Electricitäts-Erregung dort stattfindet, wo der Dampf eine Reibung erfährt. Durch Verbesserung der Ausströmungsweise des Dampfes habe ich die Wirksamkeit desselben so erstaunlich erhöht, dass es sich fragt, ob jemals eine Electrisirmaschine construirt worden sei, die so viel Electricität entwickelt als mein Dampfkessel. Jedenfalls besitzt dieser Kessel über sieben Mal mehr Kraft als eine vortreffliche Maschine mit einer Platte von drei Fuss Durchmesser bei 70maliger Umdrehung in einer Minute.« (Vergl. Phil. Mag. Vol. XXII. p. 1. Pogg. Ann. Bd. 60. p. 348. 1843.)

In demselben Bande von Poggendorff's Annalen p. 352 findet sich ein »freier Auszug« eines Aufsatzes von Armstrong aus Phil. Mag. Vol. XXIII. p. 194 betitelt:

»*Beschreibung einer für die polytechnische Anstalt zu London angefertigten Hydro-Electrisirmaschine und einiger damit angestellter Versuche; von W. G. Armstrong.*«

In diesem Aufsatz finden sich folgende Stellen:

»Als einen ersten Beweis von der Kraft dieses Apparates wird angeführt, dass eine grosse Leidner Flasche, welche sich, wenn sie mit der kolossalen Electrisirmaschine des Institutes versucht wird, 50 Mal freiwillig in einer Minute entladet, in gleicher Zeit 140 solcher Entladungen giebt, wenn sie mit dem Dampfapparat verbunden wird. Die Funken, welche der Kessel giebt, obwohl bisweilen 22 Zoll lang, sind noch keineswegs seinen übrigen Wirkungen angemessen.«

17. *Unterschied zwischen der gravitirenden und electrischen Fernewirkung auf ponderable Massen.*

Nach dem Mitgetheilten wird die Annahme einer permanenten Electricitätsentwickelung auf der Oberfläche der Sonne, welche fortdauernd durch die dort stattfindenden Processe unterhalten wird, als eine nicht unberechtigte und daher auch wahrscheinliche zu betrachten sein. Da nun nach dem Früheren die aus den flüssigen Kernen der Cometen entwickelten Dämpfe ebenfalls als electrisch vorausgesetzt werden mussten, so bedarf es offenbar nur noch der Annahme der Gleichartigkeit der Electricitäten der Sonne und der

Cometen, um vorläufig wenigstens qualitativ die Abstossung der Dampftheilchen und dadurch die Entwickelung der Schweife nach einer stets von der Sonne abgewandten Richtung zu erklären. Betrachtet man also z. B. die Dunsthüllen der Cometen als negativ electrisch — entsprechend dem Zeichen der bei Zerstäubung des Wassers erzeugten Electricität — so wäre man genöthigt, auch auf der Sonnenoberfläche freie negative Electricität vorauszusetzen.

Aenderte sich durch irgend welche Umstände das Vorzeichen der Electricität der Cometendämpfe,[1] so erhielte man einen der Sonne zugekehrten Schweif, wie dies z. B. bei dem Cometen von 1823 der Fall gewesen ist, welcher zwei Schweife besass, von denen der eine der Sonne zu-, der andere abgewandt war, und die unter einander einen Winkel von 160° bildeten.[2]

Viel wichtiger ist jedoch die Frage, ob sich durch eine derartige Annahme auch quantitativ die ungeheuren Geschwindigkeiten erklären lassen, mit welchen die Cometenschweife von den Kernen aus gleichsam hervorschiessen und sich in wenigen Tagen über Strecken von vielen Millionen von Meilen ausbreiten. Diese Erscheinungen könnten vom Standtpuncte der bisher entwickelten Theorie nicht anders als durch eine wirkliche mechanische Bewegung der electrisirten Dampftheilchen erklärt werden, die sich unter dem Einfluss der electrischen Abstossung der Sonne mit beschleunigter Geschwindigkeit von letzterer entfernen.

Um diese Frage beantworten zu können, muss man sich zunächst eine klare Vorstellung von der mechanischen Wirkungsweise der statischen Electricität auf ponderable Massen im Vergleich zur Gravitation machen. Gesetzt eine Anzahl kleiner Kugeln von demselben Stoffe aber verschiedenen Durchmessern stehen unter dem Einfluss der Massenattraction einer so grossen Kugel, dass die Masse der kleinen Kugeln gegenüber der der grossen als verschwindend betrachtet werden kann. Unter dieser Voraussetzung erlangen be-

---

1) Wie leicht eine derartige locale Aenderung des Vorzeichens durch geringe Beimengung fremder Substanzen eintreten kann, beweisen die Versuche FARADAY's über die Electricitätsentwickelung bei der Reibung von Dampfstrahlen. Vgl. Philos. Transactions f. 1843. P. I.

2) Astronomische Nachrichten 1836. N. 302. Vergl. auch BODE's astr. Jahrbuch für 1826. p. 168.

kanntlich alle kleinen Kugeln, trotz ihrer verschiedenen Grösse, am Ende der Zeiteinheit dieselbe Endgeschwindigkeit, weil die bewegende Kraft in demselben Verhältniss wie die Zahl der ponderablen Molecüle wächst.

Man betrachte nun aber, unter Beibehaltung der Grössenverhältnisse, die Kugeln nur unter dem Einfluss der statischen Electricität, und nehme an, es seien die Oberflächen derselben mit einer Schicht von gleicher und constanter electrischer Dichtigkeit geladen. In diesem Falle sind die zu bewegenden ponderablen Massen, wie früher, proportional dem Volumen, die bewegenden electrischen Kräfte aber proportional den Oberflächen der kleinen Kugeln. Folglich kann die Beschleunigung am Ende der Zeiteinheit, d. h. die Grösse der beschleunigenden Kraft, nicht mehr unabhängig von der Grösse der kleinen Kugeln sein; sie muss vielmehr unter den gemachten Voraussetzungen umgekehrt proportional den Durchmessern der electrisch bewegten Kugeln sein.

Steht daher ein Körper gleichzeitig unter dem Einfluss der Gravitation und freien Electricität eines andern, so prävalirt bei zunehmender Masse die Gravitation, bei abnehmender Masse die Electricität als bewegende Kraft. Daher stehen die Kerne der Cometen, als tropfbar-flüssige Massen, unter dem Einfluss der Gravitation, die entwickelten Dämpfe, als Aggregate sehr kleiner Massentheilchen, unter dem Einfluss der freien Electricität der Sonne.

In der That beobachten wir bei dem sogenannten electrischen Tanz leichter Körper, dass staubartige Substanzen unter dem anziehenden und abstossenden Einfluss freier Electricitätsmengen viel schnellere Bewegungen ausführen, als grössere, z. B. Holundermarkkügelchen, so dass man vom Standpuncte der mechanischen Theorie der Gase versucht wäre, den leuchtenden Uebergang der Electricität in luftverdünnten Räumen, nach Analogie der erwähnten Erscheinungen, dadurch zu erklären, dass die einzelnen Gasmolecüle in Folge ihrer Kleinheit so grosse Geschwindigkeiten erhielten, dass ihre mittlere lebendige Kraft der Temperatur des Glühens entspräche.

Gesetzt z. B. wir hätten eine bestimmte Quantität Sauerstoffgas

unter den normalen Druck- und Temperaturverhältnissen mit Hülfe einer dünnen aber unzerstörbaren Membran in die Form einer Kugel von 10 Millimeter Durchmesser gebracht. Dieser Kugel werde in einem widerstandslosen Raume zwischen electrisch wirksamen Metallflächen eine mittlere Geschwindigkeit von 1 Meter ertheilt. Denkt man sich an Stelle dieser Kugel unter übrigens gleichen Umständen eine andere von 3945 Mal kleinerem Durchmesser, so müsste dieselbe eine mittlere Geschwindigkeit von 3945 Meter unter dem Einfluss der electrisirten Metallflächen erhalten und diese Geschwindigkeit würde unter Annahme der von CLAUSIUS erhaltenen numerischen Werthe [1]) bereits einer absoluten Temperatur des Sauerstoffs von 20000^0 entsprechen.

18. *Bewegung einer kleinen Kugel unter dem Einfluss der Luftelectricität und der Gravitation der Erde. Anwendung auf die Sonne. Die Grösse der hierbei auftretenden Endgeschwindigkeiten.*

Es soll nun die Bewegung einer kleinen, kugelförmigen Masse bestimmt werden, welche unter dem Einflusse der Gravitation und electrischen Fernewirkung einer sehr grossen Kugel steht, deren Oberfläche, ebenso wie die der kleinen Masse, mit gleichartiger Electricität von constanter Dichte geladen ist.

Da für die electrische Fernewirkung dasselbe Gesetz wie für die gravitirende gilt, so kann man sich unter den angenommenen Verhältnissen die auf der Oberfläche jeder Kugel vertheilte Electricitätsmenge im Mittelpuncte derselben vereinigt denken.

Es bezeichne:

x den Abstand der Mittelpuncte beider Kugeln,

g die bewegende Kraft der Schwere in dem Abstande x_1,

ε die bewegende Kraft der Electricität in dem gleichen Abstande x_1,

---

1) Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie von R. CLAUSIUS 2. Abtheilung p. 257. Für die mittleren Geschwindigkeiten der Gasmolecüle beim Gefrierpunct des Wassers findet hier CLAUSIUS die folgenden Werthe:

für Sauerstoff 461^m
,, Stickstoff 492^m
,, Wasserstoff 1844^m

v die Geschwindigkeit der durch beide Kräfte bewegten kleinen Kugel zur Zeit t.

Unter der Annahme, dass g und ε entgegengesetztes Zeichen haben und daher beide Kugeln mit gleichartiger Electricität geladen sind und sich abstossen, erhält man die folgende Bewegungsgleichung des Theilchens:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = (\varepsilon - g)\,\frac{x_1^2}{x^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{(a)}$$

Auf beiden Seiten mit $2dx$ multiplicirt, giebt:

$$2vdv = 2\,(\varepsilon - g)\,x_1^2 \cdot \frac{dx}{x^2}$$

oder, wenn man integrirt und die Anfangsgeschwindigkeit gleich Null setzt:

$$v^2 = 2\,(\varepsilon - g)\,x_1 \cdot \frac{x - x_1}{x} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{(b)}$$

Diese Gleichung zeigt, dass die Geschwindigkeit des von der Sonne abgestossenen Theilchens mit wachsender Entfernung bis zu einem constanten Grenzwerth zunimmt, welcher für $x = \infty$ erreicht wird.

Setzt man x_1 gleich dem Halbmesser der Sonne, so beziehen sich die Grössen ε und g auf die Oberfläche derselben. Der letztere Werth ergiebt sich aus der bekannten Masse und Grösse der Sonne:

$$g = 274.3 \text{ Meter.}$$

Der Werth von ε dagegen ist unbekannt und von der mittleren Dichtigkeit der freien Electricität an der Oberfläche der Sonne abhängig.

Den umfangreichen und mühevollen Untersuchungen HANKEL's »*über die Messung der atmosphärischen Electricität nach absolutem Masse*«[1]) verdanken wir jedoch die Möglichkeit, uns eine bestimmte Vorstellung von der beschleunigenden Kraft der atmosphärischen Electricität unserer Erde im Vergleich zu der beschleunigenden Kraft ihrer Gravitation zu machen. Als Einheiten der Länge, Masse und Zeit nimmt HANKEL das Millimeter, das Milligramm und die Secunde an. (l. c. p. 441.) Die Beschleunigung g_1 der Schwere an

---

1) Abhandlungen der math.-phys. Classe der Königl. Sächs. Ges. d. W. Bd. III. p. 381—599.

der Erdoberfläche wird dann in dieser Einheit ausgedrückt durch die Zahl

$$g_1 = 9809.$$

HANKEL hat nun als Beispiel für die Anwendbarkeit seiner Methode »an dem Nachmittage eines ziemlich heitern Septembertages im freien Felde zwischen Leipzig und dem nahen Dorfe Schönefeld« die Intensität der Luftelectricität nach absolutem Masse gemessen und in den angegebenen Einheiten gefunden

$$\varepsilon_1 = 70930$$

d. h. die bewegende Kraft der Luftelectricität war an jenem Nachmittage so gross, dass einer kleinen Kugel von der Masse eines Milligrammes unter dem Einflusse dieser Kraft in einer Secunde eine mehr als 7 Mal grössere Beschleunigung als durch die Schwere ertheilt werden konnte.

Denkt man sich die bewegte Masse eines Milligrammes in Form einer Kugel aus einem Stoffe von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft unter den normalen Druck- und Temperaturverhältnissen, so würde eine solche Kugel einen Durchmesser von 11.38 Millimeter besitzen müssen.

Gesetzt nun, die Erdoberfläche sei überall mit freier Electricität von der oben gefundenen Intensität begabt und wirke auf die mit gleichartiger Electricität geladene kleine Kugel. Bewegt sich letztere von der Erdoberfläche aus in einem widerstandslosen Raume, so lässt sich nach Formel (b) die Geschwindigkeit berechnen, welche sie in einem gegebenen Abstande vom Centrum der Erde, z. B. in der Entfernung des Mondes, erlangt hat. Nimmt man diese Entfernung zu 60 Erdhalbmessern, so ist:

$$\frac{x - x_1}{x} = \frac{59}{60}$$

ferner:

$$x_1 = 6370300 \text{ Meter}$$
$$\varepsilon_1 = 70.930 \quad ,,$$
$$g_1 = 9.809 \quad ,,$$

Mit Hülfe dieser Werthe findet man:

$$v = 2767 \text{ Meter.}$$

Ein mit dieser Geschwindigkeit gleichförmig bewegter Körper würde eine Entfernung von 20 Millionen geogr. Meilen, also den Abstand der Erde von der Sonne, bereits in 62 Tagen zurücklegen.

Hätte man die in der kleinen Kugel enthaltene Luftmasse, unter sonst unveränderten Umständen, hundert Mal kleiner angenommen, entsprechend einer Dichtigkeit der Luft bei 7.6 Millimeter Barometerdruck — also eine Dichte, wie sie etwa in GEISSLER'schen Röhren vorkommt — so würde, bei derselben Electricitätsmenge an der Oberfläche der Kugel, der Werth von ε einhundert Mal grösser geworden sein, da alsdann dieselbe Kraft eine hundert Mal kleinere Masse zu bewegen hätte.

Ich will nun diese Annahme machen, und voraussetzen die freie Electricität an der Sonnenoberfläche sei nicht grösser als die an der Erdoberfläche und besitze überall denjenigen Werth, welchen HANKEL bei dem oben angeführten Versuche an einem mässig heiteren Septembertage auf freiem Felde beobachtet hat.

Die Masse der kleineren Kugel von 11 Millimeter Durchmesser betrage $\frac{1}{100}$ Milligramm. Es soll die Geschwindigkeit bestimmt werden, welche diese Kugel unter dem Einflusse der Gravitation und electrischen Repulsion der Sonne, z. B. in der mittleren Entfernung des Mercur erlangt hat, wenn sie mit der Anfangsgeschwindigkeit Null die Sonnenoberfläche verlässt.

Die numerischen Werthe der in Formel (b) vorkommenden Grössen sind dann die folgenden:

$$\varepsilon = 7093 \text{ Meter}$$
$$g = 274 \text{ ,,}$$
$$x_1 = 680950000 \text{ ,,}$$
$$x = 86x_1.$$

Mit Hülfe dieser Werthe findet man:

$$v = 3027000 \text{ Meter}$$

oder

$$v = 408.4 \text{ geogr. Meilen.}$$

Ein gleichförmig mit dieser Geschwindigkeit bewegter Körper würde in zwei Tagen einen Weg von 70540000 geogr. Meilen zurücklegen.

Der grosse Comet von 1680 hat nach den Bemerkungen NEWTON's [1]) in der Nähe seines Perihels innerhalb zweier Tage einen Schweif von ungefähr 60000000 Meilen entwickelt, so dass die oben erhaltenen Werthe in der That Grössen von derselben Ordnung der Geschwindigkeit sind, mit welcher sich die Cometen-Schweife entwickeln und verlängern.

Durch diese Betrachtungen soll jedoch die Möglichkeit blitzartiger Entladungen innerhalb der Dampfhüllen und Schweife keineswegs ausgeschlossen sein. Es wird dieselbe, bei der vorausgesetzten permanenten electrischen Erregung sogar wahrscheinlich und einzelne an einigen Cometen gemachte Beobachtungen, die sich leicht hierdurch erklären liessen, scheinen direct auf das vereinzelte Vorkommen derartiger Processe hinzudeuten.

Aus den bisher gewonnenen Resultaten unserer Untersuchung dürfte sich ergeben, dass es zur Erklärung der wesentlichsten Erscheinungen der Cometen nicht der Annahme einer neuen, bisher unbekannten repulsiven Naturkraft der Sonne bedarf, wie dies FAYE in verschiedenen Abhandlungen über diesen Gegenstand zu begründen versucht hat, [2]) sondern dass es vollkommen genügt, der Sonnenoberfläche selbst quantitativ nur diejenigen electrischen Eigenschaften beizulegen, welche man durch directe Beobachtungen an der Erdoberfläche nachzuweisen im Stande ist.

19. *Electrische Störungen. Verschiebung des Mondschwerpunctes in einem früheren Entwickelungsstadium durch Verdampfung und Condensation von Flüssigkeiten an seiner Oberfläche.*

Der oben nachgewiesene wesentliche Unterschied zwischen der mechanischen Einwirkung der Electricität und der Gravitation auf ponderable Massen, bedingt für den Kern des Cometen eine vollkommen verschwindende electrische Einwirkung, so dass die Bahnen derselben genau den KEPLER'schen Gesetzen unterworfen sein müs-

1) NEWTON, Philosophiae naturalis principia mathematica. Londini 1687. (Editio princeps) p. 504.

2) Comptes rendus T. 48. p. 421.

sen. In der That, selbst ein Cometenkern von der Masse nur eines Grammes Wasser würde unter den früher gemachten Annahmen 3914 Mal stärker durch die Gravitation als durch die Electricität der Sonne afficirt werden.

Ebenso verschwindend ist aber auch unter diesen Umständen die electrische Fernewirkung der Sonne an der Erdoberfläche, indem dieselbe nur $\frac{1}{46150}$ der angenommenen Quantität der Luftelectricität betragen würde. Demgemäss müsste die tägliche und jährliche Periode der letzteren, ganz in der bisherigen Weise, auf meteorologische Processe, d. h. auf indirect durch die Variabilität der Sonnenstrahlung bedingte Veränderungen zurückgeführt werden.

Zu merkwürdigen Resultaten führen dagegen Untersuchungen über electrische Störungen, welche von der Erde oder andern Planeten, (wenn man diesen gleichfalls electrische Eigenschaften beilegt,) auf die Schweife der Cometen oder andere cometarische Dunstmassen ausgeübt werden müssen.

Berechnet man nämlich unter den früheren Annahmen die Lage eines Punctes auf der Verbindungslinie zwischen Sonne und Erde, in welchem die electrischen Fernewirkungen beider Körper gleich sind, so findet man einen Punct, welcher der Sonne um 3.6 Halbmesser der Mondbahn näher liegt als die Erde. Für einen Punct auf der Mondoberfläche selber würde aber sogar die electrische Wirkung der Erde 12.8 Mal grösser als die der Sonne sein.

Demgemäss kann bei grossen Cometen, welche der Sonne nahe kommen, die Gestalt des Schweifes durch die electrische Fernewirkung der Planeten, z. B. der Venus, beeinflusst und hierdurch vielleicht die anomale Einbiegung erklärt werden, welche zuweilen an den Schweifen grosser Cometen, z. B. beim DONATI'schen, beobachtet wurden [1])

Wäre die Mondoberfläche mit Wasser oder anderen leicht verdampfenden Substanzen umgeben, so müssten die hieraus durch die Wärmestrahlung der Sonne entwickelten Dämpfe nach Analogie der Cometen-Schweife von der Erde abgestossen werden und auch im Uebrigen bezüglich ihrer electrischen Natur alle diejenigen Eigenschaften besitzen, z. B. eine selbständige Lichtentwickelung, welche

---

1) G. P. BOND, Account of the Great Comet of 1858.

nach der hier entwickelten Theorie den Cometendämpfen nothwendig beizulegen sind.

In dem gegenwärtigen Entwickelungsstadium unserer Erde, wo die Wärmestrahlung derselben nur eine geringe ist, erhält jeder Punct der Mondoberfläche während einer Revolutionsdauer im Wesentlichen dieselbe Wärmemenge durch Bestrahlung von der Sonne, also die uns zugewandte Seite ebensoviel wie die entgegengesetzte. In einer früheren Epoche jedoch, wo die Erde vermöge ihrer eigenen hohen Temperatur noch eine grosse Wärmemenge aussandte, muss die uns zugewandte Mondhälfte eine dieser Strahlung entsprechend grössere Wärmemenge empfangen haben. Der Verdampfungsprocess muss daher auf dieser Seite ein lebhafterer gewesen sein, als auf der entgegengesetzten. Auf letzterer muss sich vielmehr, ihrer geringern Temperatur wegen, ein Theil der auf der anderen Seite verdampften Massen condensirt haben, und dadurch die bereits durch die erwähnten Strahlungsverhältnisse allein erzeugte Verschiedenheit in der Vertheilung des Flüssigen noch verstärkt worden sein.

Der geschilderte Process muss während geologischer Zeiträume stetig wirkend eine ursprünglich gleichförmige Vertheilung der Mondmasse derartig verändert haben, dass der Schwerpunct derselben allmälig weiter nach der uns abgewandten Seite der Mondoberfläche verlegt worden ist.

Bekanntlich ist Hansen bei seinen Untersuchungen über die Mondstörungen auf theoretischem Wege zu demselben Resultate gelangt, und spricht dasselbe in einem Briefe d. d. Gotha 1854 Nov. 3 an Airy in folgenden Worten aus: [1])

»Erlauben Sie mir zum Schluss einige wenige Bemerkungen über vorstehende Erklärung der Vergrösserung der Coefficienten der Mondstörungen. Aus dem oben angeführten Werthe des Factors folgt, dass der Mittelpunct der Figur des Mondes ungefähr 59000 Meter, d. i. ungefähr 8 geogr. Meilen näher nach uns zu als der Schwerpunct liegt; wonach zwischen der uns zugekehrten und der von uns abgekehrten Mondhemisphäre ein beträcht-

1) Monthly Notices of R. A. S. Vol. XV. 1854. Nov. 10.

licher Unterschied in Betreff des Niveau, des Klima und aller andern davon abhängigen Umstände stattfinden muss.« . . . .

. . . »Unter solchen Umständen haben wir uns nicht zu wundern, dass der Mond, von der Erde aus gesehen, ein dürres Aussehen hat, weder eine Atmosphäre, noch thierisches und pflanzliches Leben zeigt.« . . . .

. . . »Das mittlere Niveau muss nahe an den Rändern des Mondes stattfinden, wonach wir berechtigt sind zu erwarten, dass sich hier einige Spuren einer Atmosphäre werden entdecken lassen.«

Ueber die Ursachen dieser Erscheinung bemerkt HANSEN Folgendes:

»Fragen wir jetzt nach der Ursache dieser Beschaffenheit des Mondes, so halte ich es nicht für unmöglich, dass vulkanische oder andere ähnliche Kräfte im Innern dieses Weltkörpers bei Weitem weniger Widerstand auf einer seiner Halbkugeln als auf der andern gefunden und daher viel grössere Erhebungen der Oberfläche auf der ersteren als letzteren bewirkt haben.«

20. *Corona, Zodiakallicht, Nordlicht und die Phosphorescenz des dunklen Himmelsgrundes in ihrer Beziehung zum Monde.*

In jener Zeit, als unsere Erde noch Licht und Wärme ausstrahlte und auf der Mondoberfläche noch hinreichende Flüssigkeitsmassen vorhanden waren, musste der Mond, nach den oben angestellten Betrachtungen, den Beobachtern anderer Welten den Anblick eines Körpers dargeboten haben, dessen Dampfhülle ähnlich einem Cometen-Schweife von der Erde abgestossen wurde und sich alsdann, unter gleichartigem Einfluss der electrischen Fernewirkung der Sonne, zur Zeit des Neumondes in Form eines parabolisch oder hyperbolisch gekrümmten Bogens in der Ebene der Mondbahn ausbreitete. Zur Zeit des Vollmondes musste dieser Bogen sich in einen von der Erde und Sonne abgewandten Schweif verwandeln, weil alsdann die electrische Repulsion der Sonne und Erde in demselben Sinne wirkten.

Ein viel grossartigeres Schauspiel musste aber zu jener Zeit der

Anblick einer totalen Sonnenfinsterniss gewährt haben. Der Mondrand war von emporschiessenden, mächtigen Dampfstrahlen umkränzt, die theils in eigenem electrischen, theils in von der Sonne erborgtem Lichte erleuchtet waren. Selbst die ganze jetzt dunkle Mondscheibe erglänzte, gleich einem Cometenkerne, im electrisch-phosphorescirenden Lichte, welches spectroskopisch untersucht, die hellen Linien der electrisch leuchtenden Dünste hätte zeigen müssen.

Ich glaube nun auf Grund der geschilderten Phänomene die Behauptung aussprechen zu dürfen, dass wir noch gegenwärtig die schwachen Reste dieser gewaltigen Processe beobachten können, und zwar die Rudimente des Cometen-Schweifes im Zodiakallicht, die der Verdampfungsprocesse an der Mondoberfläche in den beweglichen und entfernteren Theilen der Sonnen-Corona bei totalen Sonnenfinsternissen.

Dass das Zodiakallicht weder eine Erweiterung der Sonnenatmosphäre noch ein Ring um die Sonne sein kann, wie gewöhnlich angenommen wird, glaube ich aus folgenden Gründen schliessen zu dürfen.

Berücksichtigt man nämlich die Dicke der strahlenden und beleuchteten Schicht, so müsste im ersten Falle bei totalen Sonnenfinsternissen die Corona in der Ebene des Sonnenäquators bei dem bedeutenden scheinbaren Halbmesser des Zodiakallichtes, sehr stark elliptisch ausgedehnt erscheinen, im zweiten Falle müssten sich zu beiden Seiten der Sonne, zur Zeit ihrer totalen Verfinsterung, zwei Lichtmaxima im Abstande des scheinbaren Halbmessers des Zodiakallichtes zeigen, entsprechend den beiden Maximis der Dicke, welche ein solcher durchsichtiger und leuchtender Ring einem ausserhalb und in seiner Ebene befindlichen Beobachter darbieten würde.

Die ebenfalls gemachte Annahme eines Dunstringes um die Erde würde denselben, mechanischen Gesetzen gemäss, in die Ebene des Aequators verlegen müssen und hierdurch in Widerspruch mit den Beobachtungen gerathen, welche für das Zodiakallicht eine nothwendige Beziehung zur Ekliptik verlangen.

Alle diese Schwierigkeiten beseitigt die Annahme eines in der Ebene der Mondbahn gelegenen, wahrscheinlich geöffneten Dunst-

ringes, da für diese Betrachtungen die Ekliptik als vollkommen mit jener Ebene zusammenfallend angesehen werden darf.

Unter der Voraussetzung, dass auf der uns abgewandten Seite des Mondes noch gegenwärtig die Quantität verdampfungsfähiger Massen eine grössere als auf der uns zugewandten ist, erklärt sich bei dieser Anschauung des Zodiakallichtes sehr ungezwungen, weshalb dasselbe zur Zeit des Herbstäquinoctiums des Morgens vor Sonnenaufgang stets lichtschwächer als zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums am Abendhimmel beobachtet wird.

Was nun die Corona der Sonne betrifft, so ist durch die Beobachtungen der letzten totalen Sonnenfinsterniss am 22. Dec. 1870 von amerikanischen Astronomen, besonders von GOULD, hervorgehoben worden, dass nicht alle, namentlich die schnell wechselnden Theile der Corona, der Sonnenatmosphäre angehören können. Nicht minder bemerkenswerth für die hier entwickelte Anschauungsweise scheint mir aber der Umstand zu sein, dass bei derselben Finsterniss auch überall auf der dunklen Mondscheibe von HARKNESS und MACLEAR helle Linien der Corona beobachtet worden sind. [1])

Aus dieser Theorie ergiebt sich unmittelbar die spectroskopische Uebereinstimmung zwischen dem Zodiakallichte, der Corona, dem Nordlichte und der von Ångström beobachteten Phosphorescenz des dunklen Himmelsgrundes [2]) als eine physikalische Nothwendigkeit.

Die Vermuthung, dass das aschfarbene Licht des Mondes möglicherweise auch Spuren der hellen Nordlichtlinie zeige, hat sich

---

1) Referat von LOCKYER in einem Briefe vom 9. Jan. 1871 in der Zeitschrift »Nature«.

2) ÅNGSTRÖM, Recherches sur le Spectre solaire. p. 42.

»Voici une circonstance qui donne à cette observation sur le spectre de l'aurore boréale une importance beaucoup plus grande et pour ainsi dire cosmique. Durant une semaine du mois de Mars 1867, j'ai réussi à observer la même raie spectrale dans la lumière zodiacale, qui se présentait alors avec une intensité vraiment extraordinaire pour la latitude d'Upsal. Enfin, pendant une nuit étoilée, tout le ciel étant en quelque sorte phosphorescent, j'en ai trouvé des traces même dans la faible lumière émise de toutes les régions du firmament.«

durch die Beobachtungen, welche ich hierüber angestellt habe, bis jetzt nicht bestätigt. Das Spectrum ist ein continuirliches und hebt sich am dunklen Rande ganz deutlich von dem dunkleren und gleichfalls continuirlichen Luftspectrum ab. Auch haben mir photometrische Beobachtungen die Ueberzeugung verschafft, dass wahrscheinlich das aschfarbene Licht des Mondes im Wesentlichen reflectirtes Erdlicht ist, indem die scheinbare Helligkeit desselben bei wachsender Grösse der Mondsichel nicht nur subjectiv durch die zunehmende Erhellung des Himmels, sondern auch objectiv abnimmt, entsprechend einer Verkleinerung der vom Monde gesehenen erleuchteten Erdphase. Vielleicht gelingt es jedoch bei totalen Mondfinsternissen auf der verdunkelten Mondscheibe die hellen Linien der Corona und des Nordlichtes aufzufinden.

Dagegen erwarte ich mit grosser Zuversicht, dass sich in dem aschfarbenen Lichte der Venus helle Linien zeigen werden, indem nach den früheren Betrachtungen sowohl durch die eigene Temperatur dieses Planeten, als auch durch Insolation Dämpfe an seiner Oberfläche entwickelt werden, welche sich bei Abwesenheit einer merklichen Atmosphäre aus permanenten Gasen in Form von Siedeprocessen aus dem Innern der Flüssigkeiten entwickeln, und dann durch analoge electrische Processe wie die Cometen leuchtend werden müssen. Bei Urtheilen über die Intensität dieser Vorgänge darf jedoch nie die Masse unbeachtet bleiben, welche mit zunehmender Grösse, wie oben umständlich gezeigt, derartige Verdampfungsprocesse vermindern muss.

21. *Kepler's Cometen-Theorie.*

Kehren wir nach dieser Abschweifung wieder zur Betrachtung der Cometen zurück, so bleiben noch folgende Erscheinungen derselben nach der bisher entwickelten Theorie zu erklären übrig:

1. die Krümmung des Schweifes in der Nähe des Perihels,
2. die Vervielfältigung der concentrischen Dunsthüllen am Kopfe des Cometen (vergl. Taf. 1),
3. die von Bessel am Halley'schen Cometen beobachtete oscillirende Bewegung der Ausströmung.
4. die Contraction der Dunsthüllen in der Nähe des Perihels.

Die erste der angeführten Erscheinungen kann vollständig nach dem bereits von OLBERS[1]) angegebenen und von BESSEL[2]) erschöpfend durchgeführten Princip erklärt werden. Es handelt sich nur darum, die Bewegung eines Theilchens zu bestimmen, welches mit der Anfangsgeschwindigkeit des bewegten Cometenkernes unter dem Einfluss einer im umgekehrten Verhältniss des Quadrates der Entfernung wirkenden Repulsivkraft der Sonne steht. Die mathematische Auflösung dieses Problems führt zu Erscheinungen, welche vollkommen mit den beobachteten übereinstimmen.

Indem ich daher hier auf die Wiederholung dieser Deductionen verzichte, sei es mir indessen bei dieser Gelegenheit gestattet, der Anschauungen zweier Männer zu gedenken, welche zuerst bestrebt waren, die räthselhaften Erscheinungen der Cometen auf allgemein bekannte und an der Erdoberfläche unter ganz gewöhnlichen Verhältnissen beobachtete Erscheinungen zurückzuführen. Derartige Bemühungen verdienen auch dann noch unsere Beachtung, wenn die Resultate derselben den umfassenderen Beobachtungen und geläuterten physikalischen Vorstellungen einer späteren Zeit nicht mehr genügen können. Sie sind und bleiben stets der reine und unverfälschte Ausdruck derjenigen Thätigkeit des menschlichen Verstandes, durch welche allein die Erkenntniss im Gebiete kosmischer Erscheinungen erweitert werden kann.

In unserer Zeit aber, in welcher man leichtfertig bereit ist, bei Erklärung jener räthselhaften Phänomene zu einer neuen Naturkraft (»*force nouvelle*«)[3]) oder zu künstlich im Laboratorium erzeugten Wirkungen (»*actinical clouds*«)[4]) seine Zuflucht zu nehmen, scheint es mir doppelt nothwendig, sich durch anschauliche Beispiele den schlichten und einfachen Character jener Verstandesoperationen wieder zum Bewusstsein zu bringen.

Die beiden Männer, deren ich hier zu gedenken habe, sind

---

1) ZACH's monatliche Correspondenz 1812 p. 3—22. Ueber den Schweif des grossen Cometen von 1811.

2) Astronomische Nachrichten Bd. 13. (1836) p. 186. Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des HALLEY'schen Cometen und dadurch veranlasste Bemerkungen.

3) Comptes rendus Bd. 48. p. 421.

4) Proceedings of the Royal Society Vol. XVII. No. 105.

KEPLER und NEWTON. Ersterer spricht seine Ansichten über den Ursprung und die physische Beschaffenheit der Cometen in folgenden Worten aus:[1])

»*Von den Cometen ist diss mein einfältige Meynung, dass, wie es natürlich, dass aus jeder Erden ein Kraut wachse, auch ohne Saamen, und in jedem Wasser, sonderlich im weiten Meer, Fische wachsen und darinnen umbschweben, also dass auch das grosse öde Meer Oceanus nicht allerdings leer bleibe, sondern aus sonderen Wohlgefallen Gottes des Schöpffers die grosse Wallfische und Meerwunder dasselbig mit ihren weitschüchtigen Straiffen hin und her besuchen und durchwandern: allermassen sey es auch mit der himmlischen, überall durchgüngigen und ledigen Lufft beschaffen, dass nemlich dieselbige diese Art habe, aus ihr selber die Cometen zu gebüren, damit sie, wie weit die auch sey, an allen Orten von den Cometen durchgangen werde und also nicht allerdings leer bleibe. Wann sie etwa an einem Ort dick wird, also dass die Sonne und die Sterne ihre Strahlen nicht wohl hindurch schiessen und auff Erden leuchten können, alsdann ist es Zeit, und bringt es dieser himlischen Lufft lebhaffte Natur mit sich, dass solche dicke, feiste Materi gleichsam als in ein Apostem zusammengezogen und ihrer Natur nach erleuchtet und wie andere Sterne mit einer Bewegung begabt werde.*«

. . . . »*Solcher Cometen halte ich der Himmel so voll seye, als das Meer voller Fische ist. Dass man aber selten solcher Cometen ansichtig wird, geschicht wegen der unermesslichen Weite der himmlischen Lufft, daher es kömpt, dass nur allein diejenige gesehen werden, welche nechst nebens des Erdbodens in der himlischen Lufft fürüberschiessen;*«

»*Wann nun also ein durchsichtige, liechte Kugel oder Klumpff im Himmel schwebt, und die Sonne mit ihren rechtlinischen Straalen darauff trifft, denselben auch durchgehet, so halt ich, dass solche Straalen etwas von der Materi der Cometen-Kugel mit sich*

1) Ausführlicher Bericht von dem newlich im Monat Septembri und Octobri diss 1607. Jahrs erschienenen Haarstern oder Cometen und seinen Bedeutungen etc. gestellet durch JOHANNEM KEPLERN. Hall in Sachsen 1608. Vergl. Kepleri opera omnia edidit FRISCH Bd. VII. p. 25 ff.

davon führen und also den Cometen bleichen, waschen, saigern, durchtreiben und endlich gar vertilgen, inmassen bei uns hie auf Erden die Sonne alle Farben aus leinen Tüchern vertilget, verzehret und vertreibet und sie also schneeweiss machet; . . . So ist bekandt, dass die Sonne die dicke Nebel verzehre, zertreibe und discutire, welches Exempel sich auff der Cometen Materi besser reimet, wiewol wir noch nicht gewiss, was massen ein Nebel von der Sonnen zu nicht gemacht werde.«

Berücksichtigt man den damaligen Standpunct der Verdampfungslehre, so wüsste ich in der That nicht, in welchem wesentlichen Puncte diese Anschauungsweise KEPLER's von der meinigen abwiche.

Doch man vergleiche nun noch die folgende Erklärung der Schweife und ihrer Krümmung.

»*Dass ich gesagt, die Sonnenstraalen durchgehen das corpus des Cometens und nehmen augenblicklich etwas von dessen Materi mit sich ihren Weg hinaus, von der Sonnen entan, daher, halt ich, komme der Schwantz des Cometens, der sich allwegen von der Sonnen entan streckt. Denn es unmüglich, dass der Sonnenstraalen sonst solten in der klaren reinen himlischen Lufft hinder dem Cometen sichtbar werden, wenn sie nicht eine Materi hätten, darein sie fielen, wie bei uns der Sonnenschein ninders gesehen kann werden, es sei denn etwas fürhanden, darein er sich legt, als Wände, Kleyder, Wasser, Erdreich, Wolken, Nebel oder dicke Lufft.*«

»*Ingleichen es unmüglich ist, dass der Sonnenschein sich in der freyen himlischen Lufft krümmen sollte, wie etlicher Cometen Schwäntze krump erscheinen, denn des Liechts Fahl und Straalenschüsse gehen in einer rechten Lini. Derowegen mehr vermuthlich, dass solche krumpe Cometen-Schwäntze besagter massen ihre aus dem Cometen fliessende Materi haben, welcher materialische Fluss sich von mehrerley Ursachen wegen, von der rechten ausgestreckten oppositione Solis krümmen kann, als zum Exempel, wenn ein Wind drein bliese (welches ich nur Exempels-weisse rede), oder wenn des Cometens Kopff so schnelles Lauffs, dass er die von den Sonnenstraalen ausgetriebene Materi hinter seiner liesse.*«

22. *Newton's Cometen-Theorie.*

Die Ansichten NEWTON's von der physischen Beschaffenheit der Cometen schliessen sich weit weniger der bisher entwickelten Theorie an. Obschon auch von NEWTON die Wärmestrahlung der Sonne als die Ursache für die Entwickelung der Schweife betrachtet wird, so soll dagegen die stets von der Sonne abgewandte Richtung derselben nach Analogie der in unserer Atmosphäre aufsteigenden, erhitzten Luft- oder Rauchmassen erklärt werden. Diese Erklärung setzt also nothwendig im ganzen Weltraume ein durchsichtiges und gasförmiges Medium voraus, in welchem allein unter dem Einfluss der Gravitation und der Wärmestrahlung der Sonne auf Grund des ARCHIMEDES'schen Princips sich Bewegungsphänomene der angedeuteten Art entwickeln können.

Nichtsdestoweniger sind auch diese Anschauungen und ihre Begründung von dem oben erwähnten Gesichtspuncte aus lehrreich.

Nachdem NEWTON die Erscheinungen des grossen Cometen von 1680 ausführlich discutirt hat bemerkt er Folgendes: [1])

»*Orbem jam descriptum spectanti et reliqua Cometae hujus Phaenomena in animo revolventi haud difficulter constabit quod corpora Cometarum sunt solida, compacta, fixa ac durabilia ad instar corporum Planetarum. Nam si nihil aliud essent quam vapores vel exhalationes Terrae, Solis et Planetarum, Cometa hicce in transitu suo per viciniam Solis statim dissipari debuisset. Est enim calor Solis ut radiorum densitas, hoc est reciproce ut quadratum distantiae locorum a Sole. Ideoque cum distantia Cometae a Sole Dec.* 8. *ubi in Perihelio versabatur, esset ad distantiam Terrae a Sole ut* 6 *ad* 1000 *circiter, calor Solis apud Cometam eo tempore erat ad calorem Solis aestivi apud nos ut* 1000000 *ad* 36, *seu* 28000 *ad* 1. *Sed calor aquae ebullientis est quasi triplo major quam calor quem terra arida concipit ad aestivum Solem; ut expertus sum: et calor ferri candentis (si recte conjector) quasi triplo vel quadruplo major quam calor aquae ebullientis; adeoque calor quem terra arida apud Cometam in perihelio versantem ex radiis*

---

1) Philosophiae naturalis principia mathematica. Editio princeps. p. 498. Londini 1687.

Solaribus concipere posset; quasi 2000 *vicibus major quam calor ferri candentis. Tanto autem calore vapores et exhalationes, omnisque materia volatilis statim consumi ac dissipari debuissent.*« [1])

Ueber die Schweife, ihre Krümmung und physische Beschaffenheit spricht sich NEWTON folgendermassen aus: [2])

»*Caudas autem a capitibus oriri et in regiones a Sole aversas ascendere confirmatur ex legibus quas observant. Ut quod in planis orbium Cometarum per Solem transeuntibus jacentes, deviant ab oppositione Solis in eas semper partes quas capita in orbibus illis progredientia relinquunt. Quod spectatori in his planis constituto apparent in partibus a Sole directe aversis, digrediente autem spectatore de his planis, deviatio paulatim sentitur, et indies apparet major. Quod deviatio caeteris paribus minor est ubi cauda obliquior est ad orbem Cometae, ut et ubi caput Cometae ad Solem propius accedit; praesertim si spectetur deviationis angulus juxta caput Cometae. Praeterea quod caudae non deviantes apparent rectae, deviantes autem incurvantur* . . . .«

»*Pendent igitur Phaenomena caudae a motu capitis, non autem a regione coeli in qua caput conspicitur; et propterea non fiunt per refractionem coelorum, sed a capite suppeditante materiam oriuntur. Etenim ut in aëre nostro fumus corporis cujusvis igniti petit superiora, idque vel perpendiculariter si corpus quiescat, vel oblique si corpus moveatur in latus, ita in coelis ubi corpora gravitant in Solem, fumi et vapores ascendere debent a Sole (uti jam dictum est) et superiora vel recta petere, si corpus fumans quiescit; vel oblique, si corpus progrediendo loca semper deserit a quibus superiores vaporis partes ascenderant. Et obliquitas ista minor erit ubi ascensus vaporis velocior sit: nimirum*

---

1) Ich erlaube mir diese Stelle der besonderen Beachtung des Herrn TYNDALL zu empfehlen, welcher an die Spitze seiner neuen Cometentheorie den folgenden Satz stellt:

»*Meine Theorie ist, dass ein Comet aus Dampf besteht, der sich durch das Sonnenlicht zersetzen lässt, und dass der sichtbare Kopf und Schwanz eine actinische Wolke sind, die durch solche Zersetzung entstand.*«

Vergl. »Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung von JOHN TYNDALL.« Autorisirte deutsche Ausgabe herausgegeben durch H. HELMHOLTZ und G. WIEDEMANN nach der 4. Auflage des Originals. Braunschweig 1871.

2) Ibid. p. 501 ff.

in vicinia Solis et juxta corpus fumans. Ex obliquitatis autem diversitate incurvabitur vaporis columna: et quia vapor in columnae latere praecedente paulo recentior est, ideo etiam is ibidem aliquanto densior erit, lucemque propterea copiosius reflectet, et limite minus indistincto terminabitur.«

Nachdem NEWTON aus der ausserordentlich feinen Vertheilung der Materie in den Schweifen die Nothwendigkeit ihres Ursprungs aus der Dunsthülle der Cometen begründet hat — und zwar durch die Analogie mit der Dichtigkeitsabnahme unserer irdischen Atmosphäre, — entwickelt er auf Grund der soeben mitgetheilten Theorie der Krümmung der Schweife eine Methode, die Zeit zu bestimmen, welche die Dampftheilchen bei verschiedenem Abstande des Cometen von der Sonne gebrauchen, um vom Kopfe desselben bis zum Ende des Schweifes zu gelangen.

Die Worte NEWTON's über diese Methode sind folgende: [1])

»*Quo tempore vapor a capite ad terminum caudae ascendit, cognosci fere potest ducendo rectam a termino caudae ad Solem, et notando locum ubi recta illa Trajectoriam secat. Nam vapor in termino caudae, si recta ascendat a Sole, ascendere caepit a capite quo tempore caput erat in loco intersectionis. At vapor non recta ascendit a Sole, sed motum Cometae, quem ante ascensum suum habebat, retinendo, et cum motu ascensûs sui eundem componendo, ascendit oblique. Unde verior erit Problematis solutio, ut recta illa, quae orbem secat, parallela sit longitudini caudae, vel potius (ob motum curvilineum Cometae) ut eadem a linea caudae divergat.*«

Die practische Anwendbarkeit dieser Methode beweisst NEWTON an Beobachtungen des grossen Cometen von 1680 und gelangt a. a. O. zu folgendem Resultate:

»*Hoc pacto inveni quod vapor qui erat in termino caudae Jan.* 25 *ascendere caeperat a capite ante Decemb.* 11 *adeoque ascensu suo toto dies plus* 45 *consumpserat. At cauda illa omnis quae Dec.* 10 *apparuit, ascenderat spatio dierum illorum duorum, qui a tempore perihelii Cometae elapsi fuerant. Vapor igitur sub initio in vicinia Solis celerrime ascendebat, et postea cum motu per gravitatem suam semper retardato ascendere pergebat; et ascendendo*

1) Ibid. p. 503 und 504.

augebat longitudinem caudae: cauda autem quamdiu apparuit ex vapore fere omni constabat qui a tempore perihelii ascenderat; et vapor, qui primus ascendit, et terminum caudae composuit, non prius evanuit ob nimiam suam tam a Sole illustrante quam ob oculis nostris distantiam videri desiit.«

Man ersieht aus dem Mitgetheilten, dass trotz der Verschiedenheit der für die Schweifentwickelung angenommenen Ursachen die Theorie der Krümmung und die darauf gegründete Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeit der ausgestossenen Dampftheilchen auch auf die electrische Theorie anwendbar bleibt. In der That hat OLBERS in seiner unten ausführlicher zu besprechenden Abhandlung »*Ueber den Schweif des grossen Cometen* von 1811« unter Voraussetzung einer Repulsivkraft der Sonne die Methode NEWTON's auf den Schweif jenes Cometen angewandt, und das erhaltene Resultat in folgenden Worten mitgetheilt: [1])

»Fast unbegreiflich ist die Geschwindigkeit, womit dieser Schweifstoff vom Cometen aufwärts steigt. NEWTON hat eine Methode angegeben, die Zeit, welche die Schweifmaterie gebraucht hat, vom Cometen bis ans Ende des Schweifes zu kommen, wenigstens beiläufig zu berechnen. Ich habe diese Methode zweimal, am 11. und 13. October auf unsern Cometen angewandt, und bei der Rechnung die Bahnbestimmung des Herrn Prof. GAUSS zum Grunde gelegt .... Aus diesen Angaben berechnete ich nun den Winkel, den die Chorde des gekrümmten Cometen-Schweifes in der Ebene der Cometenbahn mit der durch die Sonne und den Cometen gezogenen geraden Linie machte.

	Oct. 11.	Oct. 13.
	12° 51′	12° 28′
die Länge dieser Chorde	0.5561	0.6391
die Zeit, welche die Dünste gebraucht hatten, bis ans Ende des Schweifes zu kommen	11.308 Tage,	11.065 T.

Beide Resultate stimmen so gut überein, als man es bei solchen schwer mit irgend einiger Schärfe zu beobachtenden Gegenständen, und der ohnehin nicht ganz scharfen Rechnungs-

1) ZACH's monatliche Correspondenz. Januar 1812. p. 16 ff.

methode nur verlangen kann. Der Schweif des Cometen war also gegen die Mitte des Octobers über 12000000 Meilen lang, und diese ungeheure Länge durchflog der von dem Cometen sich absondernde Dunst in etwas mehr als 11 Tagen. Eine wirklich erstaunenswürdige Geschwindigkeit. Die Intension der auf die Schweifmaterie wirkenden Repulsivkraft der Sonne ist also, bei gleichem Abstande von der Sonne, ungleich grösser, als die Attractionskraft, womit sie schwere Körpertheilchen an sich zieht.«

23. *Olbers über den grossen Cometen von* 1811 *und die Erklärung seiner Beobachtungen durch die physikalische Theorie.*

Nach den erwähnten Arbeiten von KEPLER und NEWTON verging mehr als ein Jahrhundert, ohne dass, trotz zahlreicher und zum Theil sorgfältiger Monographien, etwas Wesentliches zu Tage gefördert worden wäre, was uns der Lösung des fraglichen Problems über die physische Beschaffenheit der Cometen hätte näher bringen können. — Erst im Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts begegnen wir den Arbeiten wiederum zweier Männer, von denen im Wesentlichen Alles, was durch topographische Beobachtungen erlangt und vom Verstande für die Erkenntniss der physischen Ursachen daraus abgeleitet werden kann, in wahrhaft classischer und unübertroffener Weise geleistet worden ist.

Die Arbeiten von OLBERS »*Ueber den grossen Cometen von* 1811« [1] und von BESSEL »*Ueber die physische Beschaffenheit des Halley'schen Cometen*« [2] werden zu allen Zeiten als leuchtende Vorbilder einer rationellen Behandlung kosmischer Probleme zu betrachten sein. Wenn es mir in Folgendem auch nur annähernd gelingen sollte, die Beobachtungen und Resultate jener Arbeiten vom Standpuncte meiner Theorie als physikalisch nothwendige zu begründen und dadurch den Principien dieser Theorie denjenigen Grad von Wahrscheinlichkeit zu verleihen, welchen wir bei unseren Erkenntnissen auf naturwissenschaftlichem Gebiete als Wahrheit zu bezeichnen pflegen, so verdanke ich dies allein den erwähnten Arbeiten von

---

1) ZACH's monatliche Correspondenz. Januar 1812.

2) Astronomische Nachrichten Bd. 13. p. 186. ff. 1836.

Olbers und Bessel. Diesen Männern gebührt daher auch das Verdienst, die Erkenntniss jener Wahrheit schon auf dem gegenwärtigen Standpuncte unserer physikalischen Begriffsentwickelung ermöglicht zu haben.

Ich werde mir nun erlauben, die characteristischen Stellen aus den citirten Abhandlungen wörtlich mitzutheilen und hieran unmittelbar diejenigen Betrachtungen zu knüpfen, welche die Deutung dieser Stellen vom Standpuncte meiner Theorie erfordert. Die den Citaten beigesetzten Zahlen beziehen sich auf die Seitenzahl der betreffenden Abhandlungen.

Nachdem Olbers auf den ersten Seiten eine genaue Beschreibung der um den Kern des Cometen gelagerten Dunsthülle gegeben hat, gelangt er zu folgenden Schlüssen :

(6.7) »Es ist aus diesem klar, dass der Cometenkern (Taf. I Fig. 1) mit der ihn einhüllenden eigenthümlichen Atmosphäre in einem hohlen, fast leeren, parabolischen Conoiden von Dunst eingeschlossen war, dessen Dunstwände damals keine beträchtliche Dicke hatten und allenthalben weit von ihm abstanden. Da, wo man also gegen die Achse *AE* zu senkrecht, oder fast senkrecht durch diese nicht sehr dicken Wände sieht, muss nur eine geringe Helligkeit zu bemerken sein, die gegen den Rand zu auf einmal schnell zunehmen muss, gerade wie es sich bei diesem Cometen zeigte. Vielleicht war damals für jeden auf der Achse senkrechten Durchschnitt des Conoiden die Dicke der Dunstwände nicht viel über $\frac{1}{10}$ des Halbmessers der innern Höhlung. Dies giebt, wie man durch eine sehr leichte Rechnung findet, den hellsten Theil des Reifens etwas über viermal heller, als den dunkelsten des innern parabolischen Raumes. Und an diesem Verhältniss mochte in der ersten Hälfte des Septembers nicht viel fehlen.«

»Nachmals wurde die Dicke der Dunstwände im Verhältniss gegen den Halbmesser der innern Höhlung immer grösser, und so war schon gegen das Ende des Octobers die Helligkeit des Reifens viel weniger von der des innern Raumes abstechend.«

»Mir scheint aus dieser Form des Cometen-Schweifes deutlich zu folgen, dass die von dem Cometen und seiner eigenthümlichen Atmosphäre entwickelten Dämpfe, sowohl von d i e s e m, als von

der Sonne abgestossen werden. Sie müssen sich also dort anhäufen, wo die Repulsivkraft des Cometen, die wahrscheinlich umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes vom Kern abnimmt, von der Repulsivkraft der Sonne überwogen zu werden anfängt.«

Diese Erklärung der parabolischen, mit ihrem Scheitel der Sonne zugewandten Dunsthüllle ist, wie man sieht, unverändert auf die Principien meiner Theorie zurückzuführen. An Stelle der Repulsivkraft des Kernes tritt die Expansionskraft der sich entwickelnden Dämpfe, an Stelle der Repulsivkraft der Sonne die electrische Repulsion derselben auf die gleichnamig electrisch erregten Dämpfe des Cometen.

Es giebt aber meine Theorie auch eine einfache Erklärung für die mehrmalige Wiederholung dieses Processes und die dadurch erzeugte concentrische Vervielfältigung dieser parabolischen Dunsthüllen, wie diese Erscheinung am Kopfe des DONATI'schen Cometen am 29. Sept. 1858 sehr auffallender Weise beobachtet worden ist. (Vergl. Taf. V.)

Die vom Kerne durch Insolation erzeugten Dämpfe müssen sich nämlich stets sehr nahe im Maximum ihrer Spannkraft befinden. Jede Druckvermehrung oder Temperaturerniedrigung muss folglich unmittelbar von einer entsprechenden Nebelbildung begleitet sein. Eine solche Nebelbildung wird daher auch in jener parabolischen Schicht stattfinden, wo die vom Kerne ausgestossenen Dampftheilchen die Richtung ihrer Bewegung in Folge der electrischen Repulsion der Sonne umkehren, indem hier nothwendig ein geringerer Abstand der Dampftheilchen und deshalb eine grössere Dichtigkeit der Dämpfe eintreten muss. Die auf diese Weise in jener parabolischen Schicht erzeugten Flüssigkeitströpfchen oder Bläschen stehen aber ebenfalls, gleich dem Kerne des Cometen, unter dem Einfluss der Wärmestrahlung der Sonne. Sie werden sogar einen wenn auch nur sehr geringen Theil dieser Wärme aufsaugen und so eine Art Schirm um den Kern bilden. Hierdurch wird in jener ersten parabolischen Schicht zum zweiten Male ein Verdampfungsprocess erzeugt, bei welchem jedes Tröpfchen gleichsam als ein neuer kleiner Cometenkern betrachtet werden kann. Es ergiebt sich hieraus die Bildung der zweiten, schwächeren parabolischen Hülle, welcher in der geschilderten Weise leicht noch andere folgen können.

24. *Fortsetzung. Zusammenhang der Sichtbarkeit kleiner Cometen mit der Periode der Sonnenflecken.*

Olbers bemerkt dann weiter:

(7. 8) »Dass nur sehr selten Cometen die Erscheinung zeigen, die wir an dem jetzigen bewundern, rührt daher, dass nur sehr selten die Repulsivkraft des Cometen gegen die der Sonne gross genug ist, die Schweifmaterie auch gegen die Sonne zu noch ausserhalb der eigenthümlichen Atmosphäre des Cometen zu treiben. Vielleicht haben wir das Auszeichnende dieses Phänomens bei unserm Cometen hauptsächlich dem Umstande zu danken, dass er immer so beträchtlich von der Sonne entfernt blieb, und doch in diesem grossen Abstande eine beträchtliche Menge von Schweifmaterie ausströmte. Denn auch die abstossende Kraft, die die Sonne auf diese Stoffe so sichtbar äussert, muss wahrscheinlich, unter übrigens gleichen Umständen, umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes von ihr abnehmen.«

Dass verschiedene Cometen unter übrigens gleichen Umständen die hier erwähnten Unterschiede zeigen müssen, würde nach meiner Theorie eine unmittelbare Folge der stofflichen Verschiedenheit ihrer flüssigen Kerne sein. Die Stärke der repulsiven Kraft der Dämpfe hängt bei gleicher Intensität der Insolation nur von der specifischen Wärme und dem Siedepunct der verdampfenden Flüssigkeit ab.

Olbers schliesst an die obigen Bemerkungen die folgende Warnung, welche wir bei unserer gegenwärtig fast bedenklichen Productivität an neuen Hypothesen nicht genug berücksichtigen können:

»Man muss sich immer hüten, aus einzelnen Erfahrungen keine zu allgemeinen Schlüsse zu ziehen, und es würde viel zu gewagt sein, wenn man das, was der jetzige Comet zeigt, auf alle diese Weltkörper anwenden wollte.«

Nachdem Olbers über den Mangel an älteren genauen und zuverlässigen Beschreibungen und Abbildungen von Cometen sein Bedauern ausgesprochen hat, fährt er folgendermassen fort:

(10. 11) »So viel scheint mir wenigstens nach sorgfältiger Prüfung dieser unvollkommenen Nachrichten und nach meiner eigenen

Erfahrung zu erhellen, dass eine Verschiedenheit unter den Cometen stattfindet. Es giebt:

1. Cometen, bei denen sich keine Materie oder Stoffe entwickeln, auf welche die Sonne eine Repulsivkraft äussert. Schweiflose Cometen. Auch bei der vortheilhaftesten Lage gegen Erde und Sonne zeigt sich bei diesen nichts von einem Schweife. So viel mich bisher Erfahrung hat belehren können, sind dies die Cometen ohne festen Kern, die ganz aus einer Dunstmasse zu bestehen scheinen.
2. Cometen, bei denen blos eine Repulsivkraft der Sonne, keine des Cometenkernes zu bemerken ist. Z. B. der Comet von 1807. Bei diesem war durchaus auf der der Sonne zugekehrten Seite keine Schweifmaterie zu bemerken: ja im October 1807 war dieser Theil der Cometen-Atmosphäre so äusserst dünn und durchsichtig, dass man ihn kaum im Fernrohr wahrnehmen konnte.
3. Cometen, wie der jetzige, bei denen sowohl eine Repulsivkraft der Sonne, als des Cometenkernes selbst in der Schweifbildung wirksam ist. Ohne Bedenken werde ich dazu die Cometen von 1665, 1680, 1682, 1744 und 1769, ja alle die Cometen rechnen, bei denen man in der Mitte des Schweifes eine breite, dunkle Bande wahrgenommen hat.«

Nach meiner Theorie sind diese drei Gattungen von Cometen die nothwendige Folge der quantitativen und qualitativen Verschiedenheit ihrer Masse. Ist die letztere sehr gering, so folgt aus den bereits § 13 angestellten Betrachtungen, dass in einem gewissen Abstande von der Sonne der flüssige Kern verschwinden muss. Dann fällt aber auch die Verdampfung mit materieller Fortschleuderung von Flüssigkeitstheilchen fort und mithin auch die wesentlichste Ursache der electrischen Erregung — folglich auch die electrische Repulsion der Sonne. Man begreift also vom Standpuncte meiner Theorie den oben von Olbers vermutheten und durch spätere Beobachtungen vollkommen bestätigten Zusammenhang dieses ganzen Complexes von Erscheinungen mit der Masse der Cometen.

Ich will aber hier noch auf eine andere Consequenz meiner

Anschauungsweise aufmerksam machen, zu welcher ich zuerst nur auf deductivem Wege gelangt bin, deren nachträgliche Bestätigung aber durch bereits hierüber vorhandene Beobachtungen mir eine grosse Freude gewährt hat.

Wenn in der That, wie KEPLER meint, der Weltraum so voller Cometen ist, wie das Meer voller Fische, so wird auch, wie bei diesen, die Zahl der kleinen Cometen viel grösser als die der grossen sein müssen. Die Beobachtungen haben diese Folgerung zur Genüge bestätigt.

Berücksichtigt man nun dasjenige, was oben (§ 1—§ 6) über den Einfluss der Temperatur auf die Stabilität kosmischer Massen gesagt wurde, so ist klar, dass bei jeder Temperatursteigerung des Weltraumes eine bestimmte Anzahl kleiner Cometen für unsere Wahrnehmung verschwinden muss, indem die nebelartigen Condensationsproducte, welche uns diese Körper bei niedriger Temperatur sichtbar machen, alsdann durch die Wärme aufgelöst werden. Die Zahl der in einem bestimmten Volumen des Weltenraumes sichtbaren Cometen wäre auf diese Weise eine von der Temperatur abhängige Grösse und könnte, unter sonst gleichen Umständen, dazu dienen, uns von Temperaturschwankungen innerhalb jenes Raumes Kenntniss zu verschaffen. Die Empfindlichkeit dieser thermoskopischen Reaction hängt offenbar davon ab, wie viele Cometen überhaupt vorhanden sind und g l e i c h z e i t i g durch die fragliche Temperaturänderung aufgelöst oder sichtbar werden.

Da nun die Sonne mit Rücksicht auf die Periode ihrer Flecken als eine periodisch-veränderliche Wärmequelle betrachtet werden muss, so hatte ich vermuthet, dass die Anzahl der jährlich entdeckten kleinen Cometen periodischen Schwankungen unterworfen sei, deren Maxima und Minima mit denen der Sonnenflecken coincidiren oder vielmehr, nach Analogie meteorologischer Wirkungen, denselben um weniges nachfolgen.

Diese Vermuthung hat sich in überraschender Weise bestätigt, indem BRUHNS bereits im Februar des Jahres 1867 in einem Aufsatze der Astronomischen Nachrichten (Nr. 1631) auf eine solche Periodicität in der Häufigkeit der kleinen Cometen aufmerksam

Ich erlaube mir die bezügliche Stelle hier wörtlich wieder zu geben:

»In den Jahren 1865 und 1866 haben wir merkwürdig wenig Cometen gehabt. Ich weiss nicht, ob diejenigen Astronomen, welche sonst nach Cometen suchen, in diesen Jahren weniger gesucht haben; fast möchte ich dies bezweifeln und von meiner Seite ist besonders sehr viel gesucht. Da ich nun auch 1856, wo ebenfalls kein Comet da war, sehr fleissig suchte, fällt mir dieser Mangel an Cometen auf. Sieht man das Cometenverzeichniss weiter durch, so findet man, dass, wenn man natürlich die periodischen abrechnet, in den Cometen-Erscheinungen der Jahre 1843 und 1844, zu welcher Zeit viel gesucht zu sein scheint, eine Lücke vorhanden ist. Nehme ich an, das seit 1842 gleichmässig nach Cometen gesucht ist, so findet sich, die periodischen Cometen, deren Wiederkehr im Voraus berechnet werden kann, nicht mitgezählt, zwischen den Perihelien von Comet II. 1843 und Comet II. 1844 ein Zeitraum von über 17 Monaten; zwischen den Perihelien von Comet IV. 1855 und Comet I. 1857 ein Zeitraum von 16 Monaten, und endlich zwischen den Perihelien von Comet I. 1865 und Comet I. 1867 (Comet I. 1866 ist als periodischer nicht mitgerechnet) ein Zeitraum von 24 Monaten.

In diesen 24 Jahren kömmt zwischen den Perihelien aller Cometen nur noch einmal, zwischen Comet III. 1849 und Comet I. 1850 ein Zeitraum von 13¼ Monaten vor. Merkwürdigerweise fallen die grössten Lücken zusammen mit den Zeiten der Sonnenfleckenminima und auch zur Zeit der früheren Sonnenfleckenminima 1800, 1810—1811, 1822—1823, 1834—1835, finden sich ziemlich grosse Intervalle, doch sind in diesen Zeiten zwischen den Perihelien anderer Cometen ebenfalls grosse Lücken, welche wohl dem nicht so fleissigen Suchen nach Cometen zuzuschreiben sein werden.«

Es eröffnet sich durch diese Betrachtungen die Aussicht, durch die statistische Behandlung der neu entdeckten kleinen Cometen ein empfindliches Reagenz für die mittleren Temperaturveränderungen der Sonne zu erhalten, sowohl der periodischen als der säcularen, so dass auf diesem Wege von kommenden Generationen vielleicht

die allmälig fortschreitende Abkühlung des Sonnenkörpers auch empirisch erkannt werden kann.

Nach der oben über den Ursprung des Zodiakallichtes und der Corona ausgesprochenen Ansicht würde sich aber eine sorgfältige Beobachtung auch dieser Phänomene von dem angedeuteten Gesichtspuncte aus empfehlen. Auch hier müsste sich die Intensität der Erscheinungen mit abnehmender Wärmestrahlung der Sonne vermindern, mit zunehmender steigern.

Während indessen die säculare Abnahme der Sonnenwärme unter übrigens gleichen Umständen die Zahl der sichtbaren Cometen in Zukunft vergrössern wird, muss unter dem Einflusse derselben Ursache die Intensität der äussern Corona und des Zodiakallichtes abnehmen. Die erstere Erscheinung fände in verkleinertem Massstabe ihr Analogon in der von O. Struve entdeckten Annäherung des inneren Ringrandes an die Oberfläche Saturns. [1])

Ueber die Ursachen dieser Erscheinung habe ich vor 6 Jahren in meinen »photometrischen Untersuchungen« p. 305 ff. Folgendes bemerkt:

»Was die physische Beschaffenheit des Saturnringes betrifft, so ist man sowohl aus theoretischen als auch empirischen Gründen im Allgemeinen zu der Ansicht gelangt, dass jener Ring aus einer Flüssigkeit bestehen müsse. Nimmt man an, es sei diese Flüssigkeit Wasser, so wird dasselbe, mit Rücksicht auf die Attractionsverhältnisse, nur in einer solchen Entfernung vom Saturn im flüssigen Aggregatzustande bestehen können, in welcher die vorausgesetzte Wärmestrahlung der Saturnkugel die Existenz einer

1) Otto Struve, Sur les dimensions des anneaux de Saturn. Mémoires de Pulkova Vol. I. p. 347—383 (1853). Am Schlusse dieser umfangreichen und interessanten Arbeit fasst Struve die Resultate derselben auf p. 383 in folgenden Worten zusammen:

»Nos connaissances actuelles des changements qui se passent dans le système des anneaux de Saturne, se résument donc dans le trois points suivants:

1. *Le bord intérieur des anneaux s'approche continuellement du globe de la planète;*
2. *Le rapprochement du bord intérieur est combiné avec un accroissement de la largeur totale des anneaux;*
3. *Dans l'intervalle entre les observations de J. D. Cassini et W. Herschel, la largeur de l'anneau B a augmenté en plus forte raison que celle de l'anneau A.»*

Mit A ist hier der äussere, mit B der hierauf folgende, breitere Ring bezeichnet.

zur Condensation erforderlichen Temperatur gestattet. Diese Grenze wird aber, bei der fortdauernden Abkühlung Saturns, seiner Oberfläche stets näher rücken müssen, so dass hierdurch die oben erwähnte Entdeckung O. STRUVE's, falls sie sich bestätigen sollte, in einfacher Weise erklärt würde.

Der wahrscheinlich erst in neuerer Zeit entstandene, sogenannte dunkle Ring, würde uns ein Zeichen sein, dass gegenwärtig an der Stelle dieses Ringes die Temperaturerniedrigung bereits unter den Condensationspunct gesunken sei, und dass sich demgemäss, wie bei atmosphärischen Abkühlungsprocessen, zunächst Nebel bilden müssten, die den Saturn in Form eines dunkleren Ringes umgeben.«

Indem ich nach dieser Abschweifung wieder zu der OLBERS'schen Classification der Cometen zurückkehre, bedarf nur noch der Character der zweiten Gattung einer Deutung vom Standpuncte meiner Theorie. Diese Deutung ist nicht schwer, denn »Cometen, bei denen blos eine Repulsivkraft der Sonne, keine des Cometenkernes zu bemerken ist«, werden durch solche flüssige kosmische Massen erzeugt werden, welche einen hohen Siedepunct oder eine grosse specifische Wärme besitzen. Die Spannkraft der hierbei durch Insolation erzeugten Dämpfe bleibt alsdann nur eine relativ geringe, so dass die auf der Sonnenseite des Kernes entwickelten Dampftheilchen schon in sehr kleinem Abstande von demselben unter dem Einfluss der electrischen Repulsion der Sonne die Richtung ihrer Bewegung umkehren, um den Schweif der Cometen zu bilden.

Das Spectroskop wird uns bei späteren Cometenerscheinungen über alle diese stofflichen Verschiedenheiten der Cometenkerne und ihrer Dämpfe Aufschluss geben können.

25. *Olbers als Begründer der electrischen Cometen-Theorie.*

Im Anschluss an die erwähnte Classification gedenkt OLBERS der Cometen mit mehrfachen Schweifen in folgenden Worten:

(11.12) »Merkwürdig ist es hierbei, dass sich von manchen Cometen bei ihrer Annäherung zur Sonne verschiedenartige Stoffe entwickeln, auf die sowohl die Repulsivkraft der Sonne, als die des Cometen selbst specifisch verschieden wirkt. Was die Sonne

betrifft, so erhellet dies deutlich aus den Cometen mit doppelten oder gar vielfachen Schweifen. Bei dem Cometen von 1807 war dies unter andern sehr überzeugend darzuthun.« . . . . »Dass aber auch die Repulsivkraft des Cometenkerns auf die sich von ihm entwickelnden verschiedenartigen Stoffe specifisch verschieden wirkt, scheint mir besonders aus dem, was Herr MESSIER bei dem Cometen von 1769 wahrnahm, zu erhellen. Die beiden getrennten kleineren Seitenflügel des Schweifes, die Herr MESSIER den 30. August und 2. Sept. bemerkte, und die sich nachher in zwei neue helle, den beiden bis dahin immer gesehenen fast parallele Streifen verwandelten, geben zu erkennen, dass dieser Comet mit zwei hohlen Dunstkegeln umgeben war, wovon der eine in dem andern steckte. Auf die Materien, die den äussern dieser Dunstkegel bildeten, musste die Repulsivkraft des Cometen weit stärker wirken, als auf diejenigen, aus denen der innere Kegel geformt war.«

Bereits oben (§ 17) habe ich darauf hingedeutet, dass die Entwickelung mehrfacher, zum Theil der Sonne zugewandter, Schweife sich nach meiner Theorie einfach durch die Annahme verschiedenartiger Flüssigkeiten im Cometenkerne erklärt. Eine solche Verschiedenheit wird, als der allgemeinere Fall, sehr wahrscheinlich sein. Sie genügt vollkommen, um durch die hiermit nothwendig verknüpfte Verschiedenheit der Dampfspannung und electrischen Erregung alle die von OLBERS hervorgehobenen Phänomene des MESSIER'schen Cometen zu erklären. Mit Annäherung des Cometen an die Sonne werden die Strömungen und Siedeprocesse in immer grössere Tiefen der flüssigen Masse des Kernes eindringen und hierdurch Stoffe an die Oberfläche führen, deren Verdampfung früher durch darüber befindliche Schichten verhindert war.

Als ein schönes Beispiel wissenschaftlicher Vorsicht, welches ich wiederum den Herren FAYE und TYNDALL zur Beachtung empfehle, erlaube ich mir folgende Worte von OLBERS anzuführen:

(13) »Unbedingt habe ich bis jetzt von Repulsivkräften gesprochen. Ich bin weit entfernt, damit das wirkliche Dasein solcher abstossender Kräfte im Weltgebäude behaupten zu wollen. Ich will dadurch blos die Erscheinung andeuten, dass

die Schweifmaterie der Cometen sich sowohl vom Cometen selbst, als von der Sonne zu entfernen strebt.«

Nachdem alsdann OLBERS die verschiedenen Hypothesen zur Erklärung dieser Abstossung, namentlich diejenigen von NEWTON und EULER anführt, und von Letzterem bemerkt, dass er

»ganz inconsequent mit seinem System, welches das Licht blos für eine zitternde Bewegung des Aethers hält, die Schweifmaterie durch die Sonnenstrahlen fortgestossen werden lässt,«

beschliesst OLBERS die hierauf bezüglichen Betrachtungen mit folgenden Worten:

»Kurz, ich weiss durchaus nicht, woher diese Repulsivkraft, oder, bestimmter zu reden, woher dies Bestreben der Schweifmaterie, sich von der Sonne und dem Cometenkern zu entfernen, entsteht: genug, dass die Beobachtung es deutlich zeigt. *Enthalten kann man sich indessen schwerlich, dabei an etwas unseren electrischen Anziehungen und Abstossungen analoges zu denken. Warum sollte auch diese mächtige Naturkraft, von der wir in unserer feuchten stets leitenden Atmosphäre schon so bedeutende Wirkungen sehen, nicht im grossen Weltall nach einem weit über unsere kleinlichen Begriffe gehenden Massstabe wirksam sein?*«

Aus diesen Worten geht also auf's Deutlichste hervor, dass OLBERS als der Begründer der electrischen Theorie der Cometen zu betrachten ist. Er war vielleicht von dieser Theorie und demgemäss auch von der electrischen Fernewirkung der Sonne fest überzeugt; er scheute sich nur, dieser Ueberzeugung, als einer noch nicht genügend begründeten, in einer wissenschaftlichen Arbeit öffentlich Ausdruck zu geben. Wären damals die electrischen Erscheinungen in ihrer gegenwärtigen Mannigfaltigkeit bekannt gewesen, hätte vollends die Spectralanalyse die eigene Lichtentwickelung der Cometen verrathen, so hätte OLBERS auf Grund seiner Beobachtungen mit Nothwendigkeit auf diese Theorie geführt werden müssen, und würde derselben alsdann bereits auch wissenschaftlich eine bestimmte Form verliehen haben. Der Name OLBERS bleibt daher auch hier auf's Engste mit der Erweiterung unserer Kenntnisse über die Cometen für alle Zeiten verbunden.

Ich übergehe die folgenden Betrachtungen von OLBERS über die

feine Vertheilung der Materie in den Cometenschweifen und über die Ursachen des allmäligen Unsichtbarwerdens der Schweife, indem sie sich als unmittelbare Consequenzen meiner Theorie ergeben; nur über die Abwesenheit einer merklichen Refraction dieser Materie möge hier noch Einiges folgen.

Olbers fasst sein Urtheil über die Ursachen dieser Erscheinung in folgenden Worten zusammen:

(16) »Kurz, es scheint sich mit der Schweifmaterie gerade so zu verhalten, wie mit vielen unserer Nebel. Auch diese bestehen aus einer ungeheueren Menge blos mit der Luft gemengter unendlich kleiner Wassertheilchen. Der Nebel schwächt das durch ihn fallende Licht, wirft es hinreichend stark zurück, um uns als glänzende Wolke sichtbar zu sein, und hat doch gar keine von der Luft verschiedene strahlenbrechende Kraft.«

Die nun folgende Berechnung der Geschwindigkeit der ausgestossenen Dampftheilchen, nach der Methode Newton's, ist bereits oben mitgetheilt. Die Erklärung, welche Olbers von der Krümmung der Schweife der Cometen in der Nähe ihrer Perihelien giebt, ist folgende:

(18) »Nimmt man an, dass die Repulsivkraft der Sonne umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes von ihr abnimmt, und abstrahirt ganz von den anziehenden und abstossenden Kräften des Cometenkerns, so wird jedes Dunstpartikelchen eine gegen die Sonne convexe Hyperbel beschreiben, in deren entfernterem Focus die Sonne liegt. Diese Hyperbel hat nun mit der Bahn des Cometen an dem Puncte, wo das Schweiftheilchen den Cometen verlässt, eine gemeinschaftliche Tangente, und die tangentielle Geschwindigkeit des Dunstpartikelchens ist der des Cometen in diesem Puncte seiner Bahn gleich. Leicht würde sich hieraus die Bahn jedes Dunstpartikelchens berechnen, und für jede Zeit der Ort desselben angeben lassen, wenn das absolute Mass der Repulsivkraft der Sonne für irgend einen bestimmten Abstand bekannt wäre.«

. . . . »Es sind also nicht immer dieselben Theilchen, die wir in dem Cometen-Schweife schimmern sehen. Nein! unaufhörlich entwickeln sich neue Stoffe von seinem Körper und seiner eigenthümlichen Atmosphäre, die mit erstaunenswürdiger

Geschwindigkeit von dem Cometen abwärts strömen, um sich endlich in den weiten Himmelsraum zu verlieren.«

Dies ist der wesentliche Inhalt der erwähnten Arbeit von OLBERS, welche nahe 60 Jahre vor TYNDALL's Cometentheorie in einer allgemein bekannten und weitverbreiteten Zeitschrift veröffentlicht worden ist.

26. *Bessel's Untersuchungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Cometen.*

Die 25 Jahre später erschienenen Untersuchungen BESSEL's über die physische Beschaffenheit des HALLEY'schen Cometen, zu denen ich jetzt übergehe, zerfallen ihrem Inhalte nach in zwei, wesentlich von einander verschiedene, Theile. In dem einen werden die Principien von OLBERS über die Bewegungen der vom Kerne ausgestossenen Dampftheilchen analytisch entwickelt und die erhaltene Formel mit den Beobachtungen über die Krümmung des Schweifes und über die Bewegung seiner Bestandtheile verglichen. In dem andern wird eine ganz neue Erscheinung besprochen, nämlich die oscillirende Bewegung der Ausströmung in der Ebene der Cometenbahn, welche gleichzeitig und gesetzmässig mit einer Variation der Intensität der Ausströmung verbunden ist.

Die BESSEL'sche Abhandlung ist so reich an interessanten Einzelheiten und gewährt bei ihrem Studium einen so grossen Genuss, dass es schwer wird, in den Citaten aus dieser Abhandlung das richtige Mass zu halten. Dessenungeachtet kann ich mich hier nur auf das Nothwendigste beschränken, und hoffe, dass selbst diese wenigen Stellen für den kundigen Leser genügen werden, um in ihm das Verlangen nach einer genaueren Kenntniss dieser Abhandlung rege zu machen.

BESSEL fasst das Problem, die Bewegung eines Schweiftheilchens zu bestimmen, welches mit einer bestimmten Anfangsgeschwindigkeit die Wirkungssphäre des Cometen verlässt, in möglichster Allgemeinheit.

Er bemerkt hierüber Folgendes:

(210) »Ich werde den Punct beziehungsweise auf den Cometen bestimmen, in welchem sich zur Zeit t ein Theilchen befindet,

welches die Wirkungssphäre des Cometen, zur Zeit $t - \tau$, an einem gegebenen Orte mit gegebener Geschwindigkeit und in gegebener Richtung verlassen hat. Die Rechnung gründe ich nicht auf die Voraussetzung, dass die Masse, mit welcher die Sonne auf das Theilchen wirkt, der Masse = 1, mit welcher sie die Planeten und den Cometen selbst anzieht, gleich sei, vielmehr soll jene Masse durch μ bezeichnet werden und im Laufe der Rechnung unbestimmt bleiben . . . . . .

»Die Kraft, mit welcher die Sonne das Theilchen zu bewegen sucht, wird in der Entfernung r

$$= \frac{\mu}{rr}$$

vorausgesetzt. Wenn μ den Werth 1 hat, so ist die Wirkung der gewöhnlichen Anziehung der Sonne gleich; wenn $\mu < 1$, so ist die erstere kleiner als die letztere; wenn μ negativ, so verwandelt sich die Anziehung in eine Zurückstossung.«

Bessel wendet nun die nach dieser Theorie entwickelte Formel auf die Beobachtung der Richtung des Schweifes am 15. October an und findet hier in der That für μ einen negativen Werth und zwar:

$$\mu = -1.812$$

entsprechend einer Repulsivkraft der Sonne, welche im umgekehrten Verhältniss des Quadrates der Entfernung abnimmt (p. 222).

Um zu zeigen, in wie weit hierbei eine Massenattraction des Cometenkernes das Resultat beeinflusst habe, nimmt Bessel für die Masse des Halley'schen Cometen die Masse an, welche Laplace, als eine von der Masse des Cometen von 1770 nicht erreichte Grenze angab, nämlich den fünftausendsten Theil der Erdmasse. Er findet unter dieser Vorraussetzung keinen Grund zur Annahme, dass das betrachtete Theilchen in der angedeuteten Weise afficirt worden sei (p. 218).

Ich bemerke hierbei, dass der Durchmesser einer Wasserkugel von der angenommenen Masse des Cometen ungefähr einen 2.6 Mal kleineren Durchmesser als der Mond besitzt, — eine Grösse, welche sich ganz gut mit der relativen Kleinheit des Kernes bei grossen Cometen vertragen würde.

Mit Hülfe des oben gefundenen Werthes von μ gelangt Bessel zu einer angenäherten Werthbestimmung der beschleunigenden Kraft, unter deren Einfluss die Theilchen die Wirkungssphäre des Kernes verlassen. Die Beschleunigung mit g bezeichnet findet er (p. 223) den Tag zur Zeiteinheit gewählt:

$$g = 15.5 \text{ Erdhalbmesser}$$

was für die Einheiten des Meters und der Secunde geben würde:

$$g = 1143^{\mathrm{m}}.$$

Man sieht leicht, dass sich vom Standpuncte meiner Theorie an derartige Bestimmungen die Aussicht knüpft, die Grösse der Dampfspannung zu bestimmen, unter welcher die Dämpfe aus dem flüssigen Kerne des Cometen entweichen. Ist andrerseits durch das Spectroskop die Qualität dieser Dämpfe, also auch die des flüssigen Kernes ermittelt, so sind die Wege zur Temperaturbestimmung geöffnet.

Bessel geht dann dazu über, die Zeit zu bestimmen, welche, der Theorie zufolge, zum Aufsteigen der Theilchen, bis zu dem beobachteten Puncte des Schweifes, verwandt worden ist. Das schliessliche Resultat fasst er in folgenden Worten zusammen:

(225) »Nach dieser Rechnung sind also die Theilchen, welche sich zur Beobachtungszeit = Octbr. 15.23, in dem beobachteten Puncte des Schweifes befanden, zwischen dem 3. und 4. October von dem Cometen ausgegangen; höhere, auch noch bemerkbare Theilchen also noch früher. Dass diese Zeit, mit der Zeit des sichtbaren Anfanges der Ausströmung so nahe zusammentrifft, ist vermuthlich nur zufällig; doch kann man in der Folge auch hierauf aufmerksam sein.«

Dieser letzte Satz ist wiederum ein Vorbild echt wissenschaftlicher Behutsamkeit, welche durchaus beim Betreten neuer Gebiete erforderlich ist, wenn man nicht auf Abwege gerathen will.

Schliesslich fasst Bessel das Gesammtresultat aller seiner Betrachtungen bezüglich der im umgekehrten Verhältniss des Quadrates der Entfernung wirkenden Abstossungskraft der Sonne in folgenden Worten zusammen:

(225) »Man kann also an der abstossenden Kraft

der Sonne, in Beziehung auf die Cometen-Schweife, nicht zweifeln.«

Bessel befindet sich demnach, wie man sieht, in voller Uebereinstimmung mit Olbers, und was zwei Männer von solcher Vorsicht und solchem Character als Endresultat mühevoller und gewissenhafter Untersuchungen übereinstimmend als Gewissheit aussprechen, wird man wohl als erwiesene Thatsache anzunehmen berechtigt sein.

27. *Die von Bessel entdeckte oscillirende Bewegung der Ausströmung und ihre Erklärung. Künstliche Herstellung einer Oscillation durch analoge Ursachen.*

Die zweite Klasse der oben erwähnten Phänomene bestand in einer oscillirenden Bewegung der Ausströmung.

Bessel leitet die hierauf bezüglichen Betrachtungen mit folgenden Worten ein:

(192) »Das Merkwürdigste, was der Comet gezeigt hat, ist ohne Zweifel die drehende oder schwingende Bewegung des ausströmenden Lichtkegels, welche sich sowohl zwischen den zusammenhängenden Beobachtungen in der Nacht des 12. Octobers, als auch zwischen den vereinzelten der übrigen Tage findet. Aehnliches hat man früher nie wahrgenommen; was aber weniger beweiset, dass es bei andern Cometen nicht sichtbar gewesen sei, als dass man es nicht beachtet hat.«

Hierauf werden die Beobachtungen zwischen dem 2. bis 25. October discutirt, und als Resultat dieser Discussion bemerkt Bessel:

(192) »Es geht hieraus hervor, dass der ausströmende Lichtkegel sich von der Richtung nach der Sonne, sowohl rechts als links, beträchtlich entfernt hat, immer aber wieder zu dieser Richtung zurückgekehrt ist, um auf die andere Seite derselben überzugehen.«

Bessel sucht nun eine Verbindung auf, in welcher die Elemente der Drehung der Achse des ausströmenden Lichtkegels, und der Positionswinkel, in welchem diese Achse sich zeigt, zu einander stehen. Das Resultat dieser Bemühungen enthalten die folgenden Worte:

(196) »Einige Aufmerksamkeit auf das Fortschreiten der Werthe von $u - u^0$ (des Winkels zwischen der Ausströmung und dem Radiusvector des Cometen, positiv genommen, wenn die erstere, der Richtung der Bewegung nach, vor dem Cometen ist) zeigt, dass dieselben sich durch eine schwingende Bewegung der Ausströmung, deren Periode 4.6 Tage und deren Ausdehnung 60° beträgt, einigermassen erklären lassen.«

Die Intensität der Ausströmung steht bei diesen Bewegungen in einer sehr bemerkenswerthen Beziehung zur Phase der Oscillation, wie dies aus folgenden Worten BESSEL's hervorgeht:

(199) »Die Beobachtungen lassen keinen Zweifel darüber, dass die Ausströmung lebhafter war, wenn sie in der Richtung der Sonne erschien, als wenn sie beträchtlich von derselben abwich; in dem einen Maximo ihrer Abweichung von dieser Richtung, am 13ten, hatte sie ganz aufgehört sichtbar zu sein; in der Nähe des andern, am 15ten, war sie äusserst unscheinbar geworden, wogegen sie am 12ten und 14ten sehr lebhaft erschien. Wenn ihre Bewegung einer Schwingung in der Ebene der Bahn zuzuschreiben ist, so ist es nicht nur denkbar, sondern auch wahrscheinlich, dass sie die grösste Lebhaftigkeit hatte, wenn sie sich in der Richtung ihrer Ursache, der Sonne, befand.«

Ueber die Realität des ganzen Phänomens bemerkt BESSEL zum Schluss Folgendes:

(200) »Da die Beobachtungen der Positionswinkel der Ausströmung für die Richtigkeit ihrer Erklärung durch eine schwingende Bewegung sprechen und da unverwerfliche Gründe anderer Art, wie ich eben gezeigt habe, sich damit vereinigen, so sehe ich kein Bedenken, diese schwingende Bewegung in der Ebene der Bahn als ein Resultat der Beobachtunga nzunehmen.«

Als Ursache dieser schwingenden Bewegung glaubt BESSEL zur Annahme einer Polarkraft genöthigt zu sein. Er bemerkt:

(201) »Ich sehe weder, wie man sich der Annahme einer Polarkraft wird entziehen können, welche Einen Halbmesser des Cometen zu der Sonne zu wenden, den entgegengesetzten von ihr abzuwenden strebt, noch welcher Grund vorhanden sein könnte, die Annahme einer solchen Kraft a priori zurückzuweisen.«

Ich werde nun zeigen, dass es vom Standpuncte meiner Theorie der Annahme einer solchen Polarkraft nicht bedarf, sondern dass zur Erklärung der beobachteten Oscillation der Ausströmung und der damit verbundenen Variation ihrer Intensität die Reaction des ausströmenden Dampfes auf die flüssige Masse des Kernes genügt.

Die Existenz einer solchen Reaction ist auch Bessel sehr wahrscheinlich; er betrachtet sie jedoch nur in Bezug auf eine möglicherweise hierdurch erzeugte Veränderung der elliptischen Bewegung. Die betreffenden Worte am Schlusse seiner Abhandlung (p. 231) lauten folgendermassen:

»Die Ausströmung des Halley'schen Cometen, ohngefähr in der Richtung der Sonne, gab ihm, wie ich schon in der Beschreibung seines Ansehens (§ 1) angeführt habe, das Ansehen einer brennenden Rakete. Sie muss auch dieselbe Wirkung auf seine Bewegung gehabt haben, welche das Brennen einer Rakete auf die ihrige hat; sie muss ihm eine, ihrer eigenen entgegengesetzte Geschwindigkeit ertheilt haben.«

...... »Der Anblick der Lebhaftigkeit der Ausströmung oder vielmehr das anscheinende Verhältniss ihrer Masse zur Masse des Kernes muss die Meinung erzeugen, dass die daraus hervorgehende störende Kraft der elliptischen Bewegung des Cometen merklich sein könne.«

Betrachten wir den flüssigen Kern zunächst nicht unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung, so muss er, den Gesetzen des Gleichgewichtes gemäss, die Form einer Kugel annehmen. Wirken auf eine solche Kugel die Sonnenstrahlen erwärmend und findet mit Rücksicht auf die Lage des Maximums dieser Erwärmung an dem der Strahlung senkrecht zugewandten Flächenelement die Entwickelung eines Dampfstrahls statt, so ist unter dem Einfluss der Reaction dieses Strahles nur dann keine Bewegung der beweglichen Ausströmungsöffnung zu erwarten, wenn die Richtung des Reactionsdruckes genau durch das Centrum der Kugel geht. Da aber vermöge der Beweglichkeit der flüssigen Masse die Oeffnung verschiebbar ist, so ist die Unveränderlichkeit ihrer Lage an die Bedingung eines labilen Gleichgewichtes geknüpft und kann daher in der Wirklichkeit nicht stattfinden; sie bewegt sich folglich entweder

nach der einen oder andern Seite der Kugel. Dass diese seitliche Verschiebung in der Ebene der Bahn der bewegten Kugel stattfindet, wenn nicht besondere Ursachen vorhanden sind, welche das Heraustreten aus derselben veranlassen, ist nur eine Folge des mechanischen Princips von der Erhaltung der Flächen.

Wenn nun eine solche seitliche Verschiebung stattgefunden hat, so wird die hierdurch bewegte Wassermasse der Einwirkung der senkrechten Bestrahlung entzogen, die in der Zeiteinheit entwickelte Dampfmenge wird also geringer und in Folge dessen auch die Grösse der Reaction des Dampfstrahles, durch welche die Verschiebung erzeugt wurde. Unter dem Einfluss ihrer eigenen Kräfte wird daher die Masse wieder bestrebt sein, ihre ursprüngliche Gleichgewichtsfigur in Form einer Kugel einzunehmen. In Folge dessen bewegt sich die erwärmte Wassermasse als eine Art Fluthwelle wieder zurück, gelangt wieder an die Stelle der kräftigsten Bestrahlung, überschreitet sie aber vermöge ihrer Trägheit. Der Process wiederholt sich nun ganz in derselben Weise auf der andern Seite, und so erzeugt sich eine Oscillation mit veränderlicher Ausströmung von Dampf, ganz in der von Bessel beim Halley'schen Cometen beobachteten Weise. [1])

Der einfache Apparat, welchen ich construirt habe, um die wesentlichen Bedingungen dieser Oscillation künstlich herzustellen, ist Taf. II. Fig. 2 abgebildet. [2]) Die Beweglichkeit der Ausströmungsöffnung ist durch ein kurzes Stückchen eines Gummischlauches bewerkstelligt, welches die Verbindung mit dem pendelartig aufgehängten Ausströmungsrohr herstellt, an dessen unterem Ende sich die theilweise mit Wasser gefüllte Kugel befindet. In der Gleichgewichtslage ist die Kugel im Mantel der Flamme, es entwickeln sich Dämpfe und durch die seitliche Ausströmung derselben entsteht eine Reactionskraft, welche das Pendel ablenkt und hierdurch die Kugel aus der Flamme bewegt. In Folge dessen hört die Dampfentwickelung auf, das Pendel geht zurück und indem es abermals

1) Dass die Wassermasse, welche in Folge dieser strömenden Bewegung an die Stelle der verdrängten in die Lage der günstigsten Bestrahlung gelangt, nicht ebenfalls sogleich einen neuen Dampfstrahl erzeugt, folgt einfach aus Berücksichtigung der Zeit, welche vor der Verdampfung zur ebenso hohen Temperatursteigerung der Flüssigkeit erforderlich ist.

2) Modification und Vereinfachung des Apparates in den Nachträgen.

seine Gleichgewichtslage passirt, erhält es durch den bei umgekehrt gerichteter Mündung entgegengesetzten Druck, eine Ausweichung nach der andern Seite.

Man sieht, dass die Pendelbewegung dieses Apparates durch wesentlich dieselben Ursachen bewirkt wird, welche meine Theorie für die pendelnde Bewegung der Ausströmung der Cometen voraussetzt.

Indem ich mich hier von der Arbeit Bessel's trenne, kann ich dies nicht thun, ohne noch einmal dem Gefühle der Dankbarkeit und vollsten Befriedigung Ausdruck zu verleihen, welche seine Arbeit in mir hervorgerufen hat. Diese Empfindungen werden noch gesteigert, wenn ich die Aussichten erwäge, welche sich an die Wiederholung derartiger Untersuchungen nach dem Vorbilde Bessel's knüpfen, Aussichten, welche Bessel kannte, und in folgenden Schlussworten den nach ihm kommenden und gleichbegabten Astronomen an's Herz legte:

»Ich mache noch darauf aufmerksam, dass sorgfältige Beobachtungen über die Schweife der Cometen (welche sich freilich nicht an allen Cometen anstellen lassen,) der Grund eines Urtheils über das Dasein eines widerstehenden Aethers im Weltraume werden können. Man begreift leicht, dass der Widerstand sich ohne Vergleich stärker äussern muss, als er sich auf die Cometen selbst äussert, wenn er sich auf Theilchen äussert, deren Dichte, vergleichungsweise mit der Dichte des Cometen selbst, nur unmerklich sein kann. Sorgfältige Beobachtungen über den Kern, den Nebel und den Schweif eines Cometen verheissen, im Allgemeinen, neue Einsichten in die Physik des Himmels. Ich hoffe, dass wir wesentliche Beiträge zu den von mir an dem Halley'schen Cometen gemachten Wahrnehmungen, von verschiedenen Seiten erhalten werden, vorzüglich von den Besitzern grosser Fernröhre, namentlich von Herrn Etatsrath Struve, Sir James South und Sir John Herschel; die des letzteren können einen Zuwachs ihrer, ohnehin zu erwartenden, Wichtigkeit dadurch erhalten, dass der Comet auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung zu einer Zeit gut sichtbar geworden ist, zu welcher er auf unseren nördlichen Sternwarten nicht mehr unter vortheilhaften Umständen erschien. Machen diese erwarte-

ten Beiträge es nöthig, auf diese Materie zurückzukommen, so werde ich dieses nicht versäumen. Auch hoffe ich Musse zu finden, vorhandene Beschreibungen der Schweife einiger Cometen, zur Bestimmung der Grösse der auf sie wirkenden Kraft der Sonne zu benutzen.« [1])

28. *Erklärung der Contraction der Dunsthüllen der Cometen-Köpfe im Perihel und künstliche Herstellung der Bedingungen bei einem kleinen Springbrunnen.*

Es bliebe jetzt nur noch die eigenthümliche Contraction der Dunsthüllen zu erklären übrig, welche die Cometen während ihres Durchganges durch das Perihel erleiden. Da hierbei gleichzeitig das Maximum der thermischen und electrischen Wirkung stattfindet und abgesehen von der schnelleren Bewegung des Cometen sonst keine Veränderung der Bedingungen stattfindet, so kann die Ursache der fraglichen Erscheinung nur unter den angeführten Umständen gesucht werden.

Die schnellere Bewegung des Cometenkernes in seiner Bahn könnte offenbar nur dann einen Einfluss äussern, wenn die Bewegung in einem widerstehenden Mittel stattfindet. Letzteres würde aber seine Anwesenheit in weit höherem Masse durch die Wirkung auf die entfernteren Schweiftheile als auf die des Kopfes verrathen. Da Beobachtungen, welche zu einer derartigen Annahme nöthigten, nicht vorliegen, so kann auch die schnellere Bewegung der Cometen in ihrem Perihel nicht als Ursache für die Contraction des Kopfes betrachtet werden.

Die thermische und electrische Einwirkung der Sonne auf die Dunsthülle kann demgemäss allein die Ursache der zu erklärenden Erscheinung enthalten. Beide Ursachen stehen bezüglich ihres Einflusses auf die Nebelatmosphäre des Kopfes in einem antagonistischen Verhältniss; die gesteigerte Wärme erzeugt eine grössere Quantität von Dampf; die verstärkte electrische Abstossung vergrössert den Druck der Atmosphäre, so dass in Folge dieser Druckerhöhung ein

---

1) PAPE ist in seiner schönen Arbeit über den DONATI'schen Cometen (Astr. Nachr. No. 1172—1174) den Andeutungen BESSEL's gefolgt.

Theil der sonst im Maximum der Spannkraft gasförmigen Wassermasse in Form von Tröpfchen oder Bläschen sich ausscheiden muss. Aenderten sich beide antagonistischen Kräfte in demselben Verhältniss, nähme also die Dampfspannung mit Annäherung des Cometen an die Sonne wie die electrische Repulsion im umgekehrten quadratischen Verhältniss zu, so würde kein wesentlicher Einfluss auf die Veränderung der Nebelhülle stattfinden; überwiegt dagegen die electrische Repulsion, so muss eine Contraction, überwiegt aber die Dampfspannung, eine Dilatation der Hülle stattfinden. Man wäre also auf Grund der beobachteten Erscheinung so lange berechtigt, das Uebergewicht der electrischen Repulsion bei Annäherung des Cometen als Erklärungsprincip für die Contraction der Dunsthüllen zu betrachten, bis nicht anderweitige Beobachtungen einer solchen Annahme widersprechen.

Diese Annahme wird nun vielmehr durch einen bereits seit 14 Jahren veröffentlichten, aber bisher wenig beachteten Versuch zu einem ausserordentlich hohen Grade der Wahrscheinlichkeit erhoben, welcher es gestattet, die Contraction einer parabolischen Hülle aus feinen Wassertröpfchen unter dem Einflusse der electrischen Fernewirkung unmittelbar zur Anschauung zu bringen, und hierdurch das zu erklärende Phänomen künstlich durch dieselben Ursachen zu erzeugen, welche nach der entwickelten Theorie bei den Cometen wirksam sind.

Der fragliche Versuch stammt von Herrn Albert Fuchs, Professor am evangel. Lyceum zu Presburg, und ist aus den »Verhandlungen des Vereins für Naturkunde zu Presburg« Jahrg. I. Sitzungsberichte S. 79 in Poggendorff's Annalen Bd. 102 p. 633. (1857) auszugsweise mit folgenden Worten mitgetheilt:

»*Ueber das Verhalten eines kleinen Springbrunnens innerhalb einer electrischen Atmosphäre; von Albert Fuchs.*«

»Lässt man das Wasser eines kleinen Springbrunnens durch eine so kleine Oeffnung strömen, dass ein Druck von beiläufig 26″ den Strahl kaum auf eine Höhe von 12″ treibt, so wird sich derselbe in viele kleine Tropfen auflösen, die in Parabeln von sehr kleinen Parametern nach allen Seiten aus einander gehen und nicht weit von der Oeffnung niederfallen. Bringt man in die Nähe dieses Strahles einen electrisirten Körper, etwa ein mit

Seide geriebenes Glasrohr, so wird in dem Abstand von 4 bis 5 Schritten alles Tropfenwerfen aufhören, der Strahl zieht sich in eine Säule zusammen, und steigt, ähnlich dem Pistille einer Lilie, vollkommen ungetheilt in die Höhe. Hält man den electrischen Körper ganz nahe an den Strahl, so stiebt er in äusserst feinen Tröpfchen aus einander. Die Erscheinung ist dieselbe, ob man Glas- oder Harz-Electricität anwendet, sie wird nur modificirt durch die Stärke des Springbrunnens und durch die Kraft der Electricität des genäherten Körpers.

Die Ursache der Erscheinung mag in Folgendem liegen. Das Tropfenwerfen des ursprünglichen Strahles ist eine rein mechanische Wirkung der Adhäsion des Wassers an den Wänden des Mundstückes, verbunden mit der freieren Bewegung der Wassertheilchen in der Achse des Strahls. Hält man den electrischen Körper in grösserer Distanz, so werden die einzelnen, nicht electrischen und isolirten, Tropfen durch Vertheilung electrisch, und wenden sich wechselseitig die entgegengesetzt electrischen Seiten zu; sie ziehen sich hiermit an und der Strahl wird eine ungetheilte Säule. Bringt man den electrischen Körper ganz nahe, so wird die ganze Masse des Wassers durch Vertheilung stark homogen electrisch, die kleinsten Wassertheilchen stossen sich ab, und werden nun eines Theils durch electrische, andern Theils durch mechanische Kräfte aus einander geworfen.«

Im ersten Theile der erwähnten »Verhandlungen«, welcher die Abhandlungen der Gesellschaft enthält, wird die eben beschriebene Erscheinung ausführlicher vom Verfasser untersucht. Unter andern wird darin die grosse Empfindlichkeit eines feinen Springbrunnens hervorgehoben, die so beträchtlich sei, dass sie der eines Goldblatt-Electrometers nicht allein gleichkomme, *sondern sie bei feuchter Luft noch übertreffe*.

Hält man z. B. den Kopf in 12 bis 18 Zoll Entfernung, und fährt mit der Hand nur einmal durch die Haare, so zieht sich der Strahl augenblicklich, wenn auch nur auf kurze Zeit, zusammen. Schliesslich wird noch Folgendes angeführt: »Als vor ungefähr 20 Jahren zu Eperies (Ungarn), in der Werkstatt des Mechanikus Gustav Liedemann, der sich auch mit Anfertigung von physikalischen Schulapparaten beschäftigte, Experimente mit einem Electro-

phor angestellt wurden, hat man an einem in der Nähe springenden Heronsbrunnen das Zusammenziehen des Wasserstrahls zufällig bemerkt.«

Ich kann die angeführten Thatsachen nur aus eigener Erfahrung bestätigen, indem mir dieser schöne und mit den geringsten Hülfsmitteln anzustellende Versuch schon seit vielen Jahren bekannt ist. Er erregte stets von Neuem mein Interesse, ohne dass ich ahnte, welche Bedeutung er einst für die Begründung meiner Cometentheorie erhalten würde.

Schliesslich erlaube ich mir noch zu bemerken, dass wirklich ein Springbrunnen, wenn er nicht in Form eines gerade emporsteigenden Strahles, sondern eines niedrigen, durch ein brausenartiges Ansatzstück erzeugten Wasserbüschels beobachtet wird, vollkommen die wesentlichsten Erscheinungen der ausströmenden Cometendämpfe in der Nähe des Kopfes darbietet. In der That bewegen sich auch die feinen Wassertröpfchen unter dem Einfluss vollkommen ähnlich wirkender Kräfte; die electrische Repulsion ist durch die Anziehung der Erde, die Repulsion der Dampfstrahlen durch den hydrostatischen Druck des austretenden Wasserstrahles ersetzt.

Ich habe Gelegenheit, in der Nähe meiner Wohnung einen derartigen Springbrunnen zu beobachten und glaube mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit annehmen zu dürfen, dass die zuweilen plötzlich, ohne Einfluss des Windes eintretenden Contractionen des Wasserbüschels auf Variationen der Luftelectricität zurückzuführen sind. Nach der oben angeführten grossen Empfindlichkeit der Reaction wäre dies durchaus eine a priori zu erwartende Erscheinung. Sobald eine solche Contraction eintritt, werden die Wassertropfen innerhalb eines gleichen Raumtheils viel zahlreicher, so dass alsdann auch eine beträchtlich grössere Lichtmenge reflectirt wird und an einzelnen Stellen glänzend weisse, parabolisch gekrümmte Gebilde auftreten. Die Wolke von feinvertheiltem Wasserstaub, welche jederzeit unmittelbar über dem Scheitel des Wasserbüschels rauchartig emporwirbelt, ist alsdann besonders stark und umgiebt zuweilen ebenfalls in einer parabolisch gekrümmten Hülle von einigen Fussen Abstand den parabolischen Mantel des darunter befindlichen Wasserbüschels.

An diese — vorläufig nur ganz vereinzelt wahrgenommenen — Erscheinungen knüpft sich die Aussicht, alle bisher so räthselhaften Phänomene der Cometen (vielleicht auch in dunklen Räumen die electrische Phosphorescenz) an Vorgängen in der Natur zu beobachten, die in unserer unmittelbaren Nähe stattfinden und bei denen nur die gewöhnlichsten und einfachsten Kräfte der Natur in Wirksamkeit treten.

III.

JOHN TYNDALL'S COMETEN-THEORIE.

STUDIEN IM GEBIETE DER PSYCHOLOGIE UND ERKENNTNISSTHEORIE.

„Professor Tyndall will eventually have much to answer for. He has lent his authority to the admission of imagination in the pursuit of science, and there is every prospect that people whose imaginative faculty is stronger than their habit of observation will give us all plenty to do.

Whe shall not only have to question nature, but we shall have to eliminate imagination, and thus have two battles to fight for truth. — —

Are we to live scientifically in the same way as alchemists and astrologers did in the Middle Ages? and are we to ignore all that Bacon and Newton have done for us?" —

Nature.
1871. March 16.

„Von dem Tage an, da der Mensch anfängt, durch Ich zu sprechen, bringt er sein geliebtes Selbst, wo er nur darf, zum Vorschein, und der Egoismus schreitet unaufhaltsam fort; wenn nicht offenbar — denn da widersteht ihm der Egoismus Anderer — doch verdeckt mit scheinbarer Selbstverleugnung und vorgeblicher Bescheidenheit, sich desto sicherer im Urtheil Anderer einen vorzüglichen Werth zu geben."

„Die Kunst aber, oder vielmehr die Gewandtheit im gesellschaftlichen Tone zu sprechen, und sich überhaupt modisch zu zeigen, welche, vornämlich wenn es Wissenschaft betrifft, fälschlich Popularität genannt wird, da sie vielmehr geputzte Seichtigkeit heissen sollte, deckt manche Armseligkeit des eingeschränkten Kopfes. Aber nur Kinder lassen sich dadurch irre leiten."

„Es gehört also schon zur ursprünglichen Zusammensetzung eines menschlichen Geschöpfes und zu seinem Gattungsbegriffe: zwar Anderer Gedanken zu erkunden, die seinigen aber zurückzuhalten, welche saubere Eigenschaft denn so allmälig von Verstellung zur vorsätzlichen Täuschung bis endlich zur Lüge fortzuschreiten nicht ermangelt."

IMMANUEL KANT.
Bd. VII. p. 21. 26. 275.

„Nil dat, quod nihil est, nec dat levis uncia libram,
Lex haec materiae est, quam non dat forma nec auget.
O curas Chymicorum! o quantum in pulvere inane!

JOANNES KEPLERUS,
Mathematicus, hoc est Materiae ponderator,
jocans et opponenti animo scripsi . . .
Ulmae, Maj. MDCXXV."

„Chemici non agunt nisi bibentes."

BERICHTE DER DEUTSCHEN CHEMISCHEN GESELLSCHAFT
Berlin, Januar 1870.

Einleitung.

Nach den in der Vorrede gegebenen Erläuterungen betrachte ich die TYNDALL'sche Cometentheorie von einem allgemeineren Standpuncte als dem durch ihren wissenschaftlichen Werth bedingten. Ueber den letzteren ist bereits durch die mitgetheilten Arbeiten von OLBERS und BESSEL der Stab gebrochen.

Ich sehe vielmehr die Möglichkeit des Daseins überhaupt, sowie die Art und den Ort des Auftretens jener Theorie als ein beachtenswerthes Symptom, als eine merkwürdige Wirkung von weiter verbreiteten Ursachen an, deren Ermittelung nach naturwissenschaftlicher Methode ich mir in Folgendem zur Aufgabe stelle. Wenn ich hierbei meine Betrachtungen zunächst an die Eigenschaften und Handlungen des Herrn TYNDALL knüpfe, so geschieht dies nur deshalb, weil sich an ihm, wie in dem beschreibenden und morphologischen Theile der Naturwissenschaften, an einem interessanten Exemplare, der Causalnexus der zu erforschenden Erscheinungen leichter und klarer durchschauen lässt. Die an ihm gewonnenen Resultate lassen sich dann mit Leichtigkeit auf andere, weniger gut entwickelte Individuen übertragen und eröffnen uns das Verständniss auch ihrer Lebenserscheinungen.

Nach diesen vorbereitenden Bemerkungen begebe ich mich an meine Arbeit.

1. *Der Ursprung des wissenschaftlichen Gewissens und seine practische Bedeutung.*

Die Kräfte des Individuums sind beim Aufbau einer Wissenschaft verschwindend; deshalb vereinigen sich Viele zur gemeinsamen Arbeit. Eine solche Gemeinsamkeit der Arbeit ist aber nur dann möglich, wenn der Einzelne sich im Allgemeinen bewusst ist, was Andere auf dem von ihm bearbeiteten Felde leisten oder bereits geleistet haben.

Durch dieses practische Bedürfniss der Continuität hat sich im Laufe der wissenschaftlich thätigen Generationen eine Art Schamgefühl entwickelt, welches sich bei jedem Individuum ganz instinctiv in solchen Fällen einstellt, wo die soeben begründete Continuitätsbedingung leichtfertig verletzt wird. Der begriffliche Inhalt dieses wissenschaftlichen Schamgefühls besteht in einer unbewussten Anticipation der Folgen, welche für die Wissenschaft daraus entspringen würden, wenn derartige Verletzungen häufiger und allgemeiner würden — nämlich der allmälige Rückschritt und schliessliche Untergang der Wissenschaft.

Der Process, durch welchen sich in der angedeuteten Weise mit Hülfe der Vererbung jenes wissenschaftliche Schamgefühl im Menschen entwickelt, ist vollkommen analog demjenigen, durch welchen auf dem Gebiete der Moral das sittliche Schamgefühl erzeugt wird. Auch hier beruht der begriffliche Inhalt dieses Gefühls auf einer unbewussten Anticipation der Wirkungen, welche eine allgemeine und häufige Ausübung solcher Handlungen oder Gedanken hervorrufen würde, mit deren Ausübung jenes Gefühl instinctiv verbunden ist — nämlich die Rückbildung und schliessliche Auflösung des Individuums und der Gattung.

Dies ist der Grund, weshalb allgemein an dem Grade, in welchem das Schamgefühl in einem Individuum oder einer Nation entwickelt ist, die Lebensfähigkeit und Integrität ihrer Persönlichkeit bemessen werden kann.

Nach dieser Theorie erscheinen demgemäss die instinctiven Unlust-Empfindungen der Scham oder des bösen Gewissens im Dienste practischer Zwecke der Natur. Sie sind gleichsam Schutzmittel, welche uns abhalten das für die Gesammtheit unseres Orga-

nismus Schädliche zu thun, ähnlich wie die Thiere vermöge ihrer feiner ausgebildeten Geschmacksnerven, die ihnen zuträgliche Nahrung von der schädlichen unterscheiden können.

Ist aber ein Individuum oder ein Volk jenes Schutzmittels der instinctiven Schamgefühle beraubt oder befindet sich die Stärke dieser Gefühle in stetiger Abnahme, so folgt aus dieser Theorie mit Nothwendigkeit die Auflösung und, je nach der Lebhaftigkeit seines Naturels, auch die frühere oder spätere Vernichtung.

Derselbe Process muss sich nach dem Obigen auf dem Gebiete der Wissenschaft vollziehen, wenn sich bei denjenigen, deren Obhut und Pflege dieselbe anvertraut ist, das früher definirte wissenschaftliche Schamgefühl abstumpft und schliesslich verliert.

Gerade die exacten Wissenschaften hatten sich bisher mit einem gewissen Rechte bei ihren Vertretern einer besondern Stärke jener Gefühle zu erfreuen und verdankten wohl auch diesem Umstande den stetigen und ungehemmten Fortschritt; jede lebende Generation bewahrte gewissenhaft und voll Pietät die von der vergangenen gesammelten Schätze und benutzte sie zur weiteren Vollendung des grossen Gebäudes.

Nach diesen Bemerkungen über meinen psychologischen Standpunct und den Ursprung des wissenschaftlichen Gewissens mit seiner practischen Bedeutung gehe ich zur Mittheilung von Thatsachen über, welche Herrn TYNDALL und seine Cometentheorie betreffen und überlasse es dem Leser, sich hieraus diejenigen Schlüsse abzuleiten, welche mit Berücksichtigung der angeführten Theorie logisch daraus abgeleitet werden müssen.

2. *Die Worte Bessel's, welche Herrn Tyndall zur Veröffentlichung seiner Cometentheorie ermuthigten.*

Herr TYNDALL hat seine Theorie am 8. März 1869 der philosophischen Gesellschaft zu Cambridge vorgetragen und diesen Vortrag gegenwärtig als letztes Capitel unter der Ueberschrift »Cometentheorie« der vierten Auflage seiner im Uebrigen vortrefflichen populären Vorträge »über die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung« angereiht. Die in Folgendem den Citaten beigesetzten Zahlen beziehen sich auf die Seiten der auto-

risirten und nach der vierten Auflage des Originals »durch« H. HELMHOLTZ und G. WIEDEMANN herausgegebenen 2. Auflage der deutschen Uebersetzung. Braunschweig 1871. Es geht hieraus hervor, dass die TYNDALL'schen Vorträge nicht eigentlich für den wissenschaftlichen Theil des Volkes bestimmt sind, sondern mehr für denjenigen, welcher sich im Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der äusserlich durch ihr öffentliches Amt als Vertreter der Wissenschaft berufenen Männer, aus derartigen populären Schriften zu belehren sucht.

Herr TYNDALL fühlt zunächst das Bedürfniss, sich über die Motive auszusprechen, welche ihn zur Veröffentlichung seiner Cometentheorie veranlassten. Er befriedigt dieses Bedürfniss durch folgende Worte:

> (684) »Mich hat eine Bemerkung von BESSEL dazu ermuthigt, der sagte: Hätte irgend eine Theorie bestanden, als er seine Beobachtungen über HALLEY's Cometen machte, und er hätte seine Aufmerksamkeit auf die Bestätigung oder Widerlegung dieser Theorie richten können: so würde er reichere Kenntnisse aus diesen Beobachtungen gezogen haben, als ihm ohne das möglich war.«

Diese Worte beweisen also, dass Herr TYNDALL von der Existenz der Arbeit BESSEL's Kenntniss erhalten hat. Woher stammt nun diese Kenntniss? Aus einem Einblick in die Originalarbeit? Gewiss nicht; denn alsdann würde, wie wir bald sehen werden, für Herrn TYNDALL die Aufstellung seiner Theorie zur Unmöglichkeit geworden sein. Auch in den »*Outlines of Astronomy by Sir John Herschel*«, von denen die 5. Auflage (1858) des Originals vor mir liegt, und aus denen Herr TYNDALL, wie sich zeigen wird, seine Kenntnisse über Cometen zu schöpfen liebt, habe ich vergeblich gesucht. Trotzdem hier der Beschreibung des HALLEY'schen Cometen fünf volle Seiten gewidmet sind (p. 379—384), kommt der Name BESSEL nur einmal und zwar in einer Anmerkung auf p. 382 vor, welche sich auf die allgemeine Richtung der ausgeströmten Cometenmaterie (»*general direction of the current*«) bezieht. Diese Anmerkung besteht aus folgenden drei Zeilen: »*On this point Schwabe's and Bessel's drawings are very express and unequivocal. Struve's attention seems to have been more especially directed to the scrutiny of the nucleus.*« Die von BESSEL entdeckte und so sorgfältig untersuchte

oscillirende Bewegung der Ausströmung des HALLEY'schen Cometen wird nirgends erwähnt.

Ich muss also die Quelle, aus welcher Herr TYNDALL die Nachricht von BESSEL's Arbeit geschöpft hat, unentschieden lassen. Glücklicher Weise stört dies den Fortgang der voliegenden Untersuchung in keiner Weise. Es genügt mir, durch die oben angeführten Worte constatirt zu haben, dass Herrn TYNDALL wenigstens die Existenz jener Arbeit bekannt war.

Man sollte nun vermuthen, dass der Name BESSEL auch für einen Physiker einen immerhin beachtenswerthen Klang besässe, um in ihm bei Aufstellung einer neuen Theorie über die »physische Beschaffenheit« der Cometen das Verlangen und Bedürfniss rege zu machen, eine Arbeit BESSEL's »über die physische Beschaffenheit des HALLEY'schen Cometen« aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Hätte Herr TYNDALL ein solches Bedürfniss empfunden, so würde er beim Lesen jener Stelle, auf welche er sich bezieht, darauf verzichtet haben, dieselbe als Ermuthigung für die Veröffentlichung seiner Theorie zu betrachten und sie vor aller Welt als Motiv seines Muthes hinzustellen. Jene für Herrn TYNDALL so verhängnissvolle Stelle lautet nämlich folgendermassen und befindet sich gleich auf der ersten Seite der oben citirten Abhandlung BESSEL's:

»Was mich selbst betrifft, so muss ich gestehen, das meine Wahrnehmungen über die Beschaffenheit des HALLEY'schen Cometen grössere Vollständigkeit erhalten haben würden, wenn ich einen Versuch, wie den gegenwärtigen, zur Prüfung vor mir gehabt hätte.«

Sollte nun Herr TYNDALL jetzt, nachdem ich ihm jede Unbequemlichkeit bei der Einsicht des Originaltextes jener Stelle beseitigt habe, das Bedürfniss empfinden, sich zum Verständniss der drei darin vorkommenden Worte »wie den gegenwärtigen«, jene Arbeit BESSEL's näher anzusehen, so wird er finden, dass die Theorien KEPLER's, NEWTON's, EULERS und vieler Anderer, die sämmtlich BESSEL bekannt waren, viel befriedigender alle beobachteten Erscheinungen erklären als die seinige, und dass die ganze Arbeit von BESSEL und ebenso die 25 Jahr ältere von OLBERS von Anfang bis zu Ende wesentlich nichts anderes als eine vollständige und schlagende Widerlegung seiner neuen Cometentheorie enthalten.

3. *Der Inhalt der Tyndall'schen Cometentheorie und ihre Widerlegung durch Olbers und Bessel.*

Nach dieser Erledigung der Motive zur Veröffentlichung gehe ich nun zur Betrachtung der Theorie selbst über, und lasse zu diesem Zwecke zunächst den Inhalt derselben mit TYNDALL's eigenen Worten hier folgen:

(686) »1. Meine Theorie ist, dass ein Comet aus Dampf besteht, der sich durch das Sonnenlicht zersetzen lässt, und dass der sichtbare Kopf und Schwanz eine actinische Wolke sind, die durch solche Zersetzung entstand. Die Textur der actinischen Wolken ist nämlich unläugbar die eines Cometen.«

(687) »2. Der Schwanz ist dieser Theorie zufolge nicht ausgestossener Stoff, sondern Stoff, der sich in den Sonnenstrahlen niedergeschlagen hat, welche die Cometenatmosphäre durchschneiden. Es lässt sich experimentell beweisen, dass dieser Niederschlag entweder mit verhältnissmässiger Langsamkeit längs des Strahles eintreten kann, oder dass er so gut, wie in einem Moment, in der ganzen Länge des Strahles stattfindet. Die erstaunliche Schnelligkeit in der Schweifbildung würde hiermit erklärt sein, ohne dass man wie bisher eine unglaubliche Art der Fortbewegung für ihn anzunehmen brauchte.«

»3. Während der Comet durch seine Sonnennähe herumschwenkt, besteht sein Schweif nicht stets aus ein und demselben Stoffe, sondern aus neuem Stoff, der sich in den Sonnenstrahlen niederschlägt, welche die Cometenatmosphäre in neuen Richtungen durchschneiden. So erklärt sich die ungeheure Schwenkung des Schweifes, ohne dass man eine entsprechende Fortbewegung auch für ihn anzunehmen braucht.«

»4. Der Schweif ist immer der Sonne abgekehrt aus folgender Ursache: Zwei antagonistische Kräfte wirken auf den Cometen bildenden Dampf — einerseits eine actinische Kraft, welche Niederschlag bewirkt, andrerseits eine calorische Kraft, die Verdunstung bewirkt. Wo die erstere vorwiegt, haben wir die Cometenwolke, wo die andere vorwiegt, den durchsichtigen Cometendampf. Es ist eine Thatsache, dass die Sonne diese beiden hier genannten Kräfte aussendet. In der Annahme ihres

Vorhandenseins liegt also durchaus nichts Hypothetisches. Um zu erklären, dass Niederschlag hinter dem Kopf des Cometen, oder in dem Raume, wo des Kopfes Schatten liegt, eintritt, braucht man nur anzunehmen, dass die calorischen Strahlen der Sonne reichlicher vom Kopf und Kern absorbirt werden, als die actinischen Strahlen. Dadurch würde das verhältnissmässige Uebergewicht der actinischen Strahlen hinter dem Kopf und Kern gesteigert, und sie würden in den Stand gesetzt werden, die Wolke, die den Cometen-Schweif bildete, niederzuschlagen.«

»5. Der alte Schweif wird, wenn der Kern ihn nicht mehr schützt, von der Sonnenhitze zerstört; doch geschieht seine Zerstörung nicht in einem Moment. Der Schweif neigt sich nach dem Theile des Raumes, den der Comet zuletzt verlassen hat, welche allgemein beobachtete Thatsache sich somit leicht erklärt.«

»6. Bei dem Kampf der beiden Classen von Strahlen um die Herrschaft können die actinischen Strahlen selbst in Theilen der Cometenatmosphäre, die nicht vom Kern geschützt werden, vorübergehend im Vortheil sein. Es mögen Veränderungen der Dichtigkeit oder andere Ursachen dem zu Grunde liegen. Dadurch wären die gelegentlichen Seitenströme und das scheinbare Ausscheiden schwächerer Schweife gegen die Sonne hin erklärt.«

»7. Das Einschrumpfen des Kopfes in der Nähe der Sonne rührt von dem Anprall der calorischen Wellen her, welche seine äussersten dünnsten Schichten auflösen und so seine scheinbare Zusammenziehung verursachen.«

Diese sieben Sätze bilden den Inhalt der TYNDALL'schen Cometentheorie. Einer Widerlegung derselben bin ich nach dem oben über den Inhalt der Arbeiten von OLBERS und BESSEL Bemerkten überhoben. Denn das für eine physische Theorie der Cometen wesentliche Resultat jener beiden Arbeiten reducirt sich einfach auf den Inhalt des folgenden Satzes:

Die Dunsthüllen und Schweife der Cometen bestehen aus discreten Theilchen, welche sich unter dem Einfluss einer Repulsivkraft der Sonne und des Kernes nach bekannten mechanischen Gesetzen bewegen.

Wie man sieht, setzt sich Herr TYNDALL bereits durch den

zweiten Satz in directen Widerspruch mit diesem Resultate, und verhält sich daher bezüglich der bei den Cometen beobachteten und zu erklärenden Erscheinungen, gerade so wie Jemand, welcher ohne Kenntniss der KEPLER'schen Gesetze heute aufträte, und uns die schnellere Bewegung der Planeten in ihren Perihelien mit Hülfe einer neuen Theorie als ein rein optisches Phänomen, etwa durch das Dazwischentreten einer sonst unmerklichen und unsichtbaren aber stark lichtbrechenden und vergrössernden Dunstmasse erklären wollte. Ebenso, wie nach den mühevoll von KEPLER empirisch gefundenen Gesetzen die Aufgabe einer physischen Erklärung derselben einzig und allein nur darin bestehen konnte, als Ursache jener Gesetze das Wirken einer uns aus irdischen Erscheinungen längst bekannten Kraft nachzuweisen, ebenso hatte nach dem Erscheinen der OLBERS'schen und BESSEL'schen Arbeit eine physische Theorie der Cometen nichts anderes zu thun, als das Substrat jener beiden Repulsivkräfte der Sonne und des Kerns als identisch mit zwei uns an irdischen Körpern bekannten Repulsivkräften nachzuweisen. Ich habe mich in meiner Arbeit bemüht, den Beweis zu liefern, dass jene beiden Kräfte identisch sind mit der Electricität und der Expansion der Gase und Dämpfe.

4. *Rechtfertigung gegen den Vorwurf der Uebertreibung und allzu strenger Beurtheilung des Herrn Tyndall.*

Ehe ich in meiner Untersuchung fortschreite, habe ich das Bedürfniss, mich beim Leser vor dem Vorwurf der Uebertreibung und allzu grosser Härte bezüglich des gewählten Vergleiches zu rechtfertigen. Man könnte mir mit scheinbarem Recht erwidern, das heuzutage Niemand, auch nicht Herr TYNDALL, im Stande wäre, eine derartige Theorie der KEPLER'schen Gesetze zu geben, wie ich sie natürlich nur des Beispiels halber in meinem Vergleich angenommen habe. Nun, getreu meinem Vorsatze, nur die Prämissen zu sammeln und dem Leser die Conclusionen daraus zu überlassen, erlaube ich mir hier folgende Worte des Herrn TYNDALL anzuführen, welche sich in Form einer Anmerkung am Schlusse seiner Theorie befinden und also lauten:

»Es mag Cometen geben, deren Dampf sich nicht durch die Sonne zersetzen lässt, oder der sich, wenn zersetzt, nicht niederschlägt. Diese Ansicht eröffnet uns die Möglichkeit der Annahme von unsichtbaren Cometen, die durch den Raum wandern, vielleicht über die Erde fegen und ihren Gesundheitszustand beeinflussen, ohne dass wir sonst etwas von ihrem Vorübergehen merken.«

Die Anmerkung, welche diese Worte TYNDALL's enthält, ist mit einem Sternchen versehen, ohne dass ich das correspondirende im Text habe finden können. Ich vermag daher nicht zu entscheiden, ob dieser Satz bereits am 8. März 1869 der philosophischen Gesellschaft zu Cambridge vorgetragen worden ist, oder ob er einer späteren Vervollständigung der Theorie seinen Ursprung verdankt.

Ich bin indessen geneigt, die letztere Annahme für die wahrscheinlichere zu halten, weil Herr TYNDALL die Mittheilung seiner Theorie mit folgenden, nicht mehr mit » « versehenen Worten beschliesst:

»Ich kann jetzt (1870) noch hinzufügen, dass Cometenhüllen und verschiedene andere Erscheinungen genau nachgemacht werden können, wenn man durch Wärme Wirbelbewegungen in actinischen Nebelbildungen hervorbringt. Es ist wohl nicht nöthig zu erwähnen, dass diese Theorie auch die Polarisation des Lichtes vom Cometen-Schweif erklärt.«

Ist es also erlaubt, die Entstehung jener Anmerkung in die Zeit der letzten Worte zu verlegen, so würde zwischen ihr und dem Vortrage in Cambridge etwa der Zeitraum eines Jahres liegen, also eine Zeit, welche im Allgemeinen für die Berichtigung übereilt ausgesprochener Ansichten ausreichend zu sein pflegt. Erwägt man nun aber, dass sich jeder Mensch, selbst im täglichen Leben, ganz instinctiv nur da zur Annahme von bestimmten Ursachen berechtigt hält, wo er adäquate Wirkungen beobachtet, so würde man sich durch jene nachträglich der Cometentheorie beigefügte Bemerkung veranlasst fühlen, an Herrn TYNDALL die Aufforderung zu richten, uns die gesundheitswidrigen Einflüsse mitzutheilen, welche er im verflossenen Jahre an sich oder Andern beobachtet hat und durch welche er sich genöthigt sieht, seine Theorie durch die Hy-

pothese von unsichtbaren Cometen zu erweitern, von deren Dasein wir sonst nichts merken.

Ich glaube die Berechtigung zu einer derartigen Forderung ist um so begründeter, wenn man die grosse Verantwortung erwägt, welche der Autor eines zur Belehrung des grösseren Publicums bestimmten Buches auf sich nimmt, wenn er ohne irgend welche Motivirung eine Vermuthung ausspricht, die geeignet ist, beim Volke einen längst begrabenen Aberglauben wieder wach zu rufen.

5. *Ursprung und Zweck einer Hypothese. Das Newton'sche Gesetz als Ausdruck des Axioms von der Unzerstörbarkeit einer Kraft der Zeit und dem Raume nach.*

Nachdem im Vorhergehenden gezeigt worden ist, dass der Inhalt der TYNDALL'schen Cometentheorie bereits durch die von OLBERS und BESSEL beobachteten Thatsachen als vollständig widerlegt zu betrachten ist, würde die Aufgabe einer wissenschaftlichen Polemik als beendet zu betrachten sein. Indessen, wie schon in der Vorrede bemerkt, handelt es sich bei den gegenwärtigen Untersuchungen gar nicht um eine solche Widerlegung, sondern um das Verständniss eines psychologischen Phänomens, d. h. um Ermittelung derjenigen Ursachen, durch welche dasselbe hervorgerufen wurde. Nicht der Inhalt der TYNDALL'schen Theorie als solcher, sondern dass dieser Inhalt in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und an solcher Stelle von einem Manne producirt werden konnte, welcher im vollen Besitze aller derjenigen Mittel ist, die erforderlich sind, um sich selbst von der Irrationalität seines Unternehmens zu überzeugen und hierdurch seine Handlungen zu bestimmen, das ist es, was mich hier beschäftigt und erklärt werden soll.

Der Inhalt der TYNDALL'schen Theorie hatte also bei den bisherigen Betrachtungen nur durch seine zeitlichen und räumlichen Beziehungen in der Reihe des wissenschaftlichen Erkenntnissprocesses eine Bedeutung. Da nun aber jede Hypothese oder Theorie, welche zur Erklärung von Erscheinungen ersonnen wird, nur dadurch die Berechtigung ihres Daseins erhält, dass sie ein

Bedürfniss unseres Verstandes bei der begrifflichen Zergliederung d. h. beim Begreifen einer Erscheinung befriedigt, so kann man sich die Aufgabe stellen, zu untersuchen, welchen Bedingungen eine jede Hypothese, ganz unabhängig von der Zeit ihres Auftretens, logisch genügen muss, um jenes Bedürfniss unseres Verstandes zu befriedigen.

Indem jede Hypothese oder Theorie selber das Product von Verstandesoperationen ist und diese Operationen sich dem von ihnen erzeugten Producte gegenüber bezüglich der Zweckmässigkeit ganz ebenso verhalten, wie eine Handlung zu der durch sie vollbrachten That, so werden wir durch die angedeutete Untersuchung einer Hypothese einen Massstab zur Beurtheilung derjenigen Verstandesoperationen gewinnen, mit deren Hülfe sie erzeugt wurde.

Ebenso wie wir die Vollkommenheit einer Handlung nach der Vollständigkeit beurtheilen, mit welcher der durch sie beabsichtigte Zweck des handelnden Individuums erreicht wird, und demgemäss zweckmässige und unzweckmässige Handlungen unterscheiden, ebenso lässt sich die Qualität des Verstandes nach dem Grade bemessen, in welchem seine einem Bedürfniss entsprungenen Leistungen dieses Bedürfniss befriedigen.

Von diesem Gesichtspuncte aus soll jetzt die TYNDALL'sche Cometentheorie untersucht werden. Um aber den Inhalt derselben ganz unabhängig von dem Orte und der Zeit in der wissenschaftlichen Erkenntnissreihe zu machen, will ich annehmen, es hätte vor Herrn TYNDALL noch Niemand das Bedürfniss empfunden, sich beim Anblick eines Cometen Rechenschaft von den Ursachen zu geben, welche diese Erscheinung hervorrufen, und demgemäss auch nicht Versuche zur Befriedigung jenes Bedürfnisses angestellt und veröffentlicht. —

Die Einwirkung der Objecte auf jedes Wesen besteht zuerst in der Erregung einer Empfindung vermittelst eines Reizes, welcher durch die Bewegungen eines Mediums erzeugt und vermittelt wird.

Die erste Arbeit, welche die Verstandesthätigkeit noch unbewusst vollzieht, besteht darin, dass sie die durch den Reiz erzeugte Veränderung eines Empfindungszustandes als die Wirkung einer Ursache auffasst, und diese Ursache als ein in der Aussenwelt be-

findliches Object in Form einer Wahrnehmung anspricht. Finden an dem so erzeugten Objecte Bewegungen statt, also Veränderungen der einfachsten Art, so begnügt sich der Verstand nicht blos bei der Wahrnehmung dieser räumlichen Veränderungen, sondern er fühlt dasselbe Bedürfniss den einzelnen Orten des bewegten Objectes gegenüber, welches er beim ersten Erwachen seiner Thätigkeit durch die Hypothese eines Objectes in der Aussenwelt befriedigte. Dieses Bedürfniss der Causalität macht sich also bei der Wahrnehmung von Veränderungen schon der einfachsten Art geltend, z. B. bei Veränderung der räumlichen Verhältnisse zweier Puncte. Der Verstand setzt zwischen den einzelnen Oertern dieser Puncte dieselbe Beziehung voraus, wie zwischen der Empfindung und der Aussenwelt, d. h. die Beziehung von Wirkung und Ursache.

Er bleibt also so lange bei der Wahrnehmung von Veränderungen überhaupt unbefriedigt, als nicht zur Erklärung dieser Veränderungen eine analoge Beziehung von ihm erkannt wird, wie dies zwischen Empfindung und Aussenwelt geschah. Dieses Bedürfniss des Verstandes kann erst im bewussten Leben befriedigt werden und ist auch hier bis jetzt nur bei Veränderungen der einfachsten Art, d. h. bei der Veränderung der räumlichen Beziehung von Puncten in sehr geringem Umfange möglich gewesen. Die Wissenschaft nennt das Substrat, an welchem sich Bewegungen vollziehen, Materie und die Ursache, durch welche eine gegenseitige Beziehung einzelner Theile der Materie möglich wird, Kraft. Werden daher der Materie keine anderen Eigenschaften als die der Beweglichkeit und Kraft im Sinne der analytischen Mechanik beigelegt, so würde das Erklärungsbedürfniss unseres Verstandes einer wahrgenommenen Erscheinung gegenüber erst dann vollständig befriedigt sein, wenn es seiner bewussten Thätigkeit gelungen ist, die beobachtete Erscheinung in ein System materieller, durch Kräfte verbundener, Puncte aufzulösen. Die Erklärung der Erscheinung bestände in diesem Falle in nichts Anderem, als in der Auflösung einer Wahrnehmung in begriffliche Elemente von Raum, Zeit und Causalität.

Man sieht aus dieser Darstellung des Erkenntnissprocesses, dass sich unser Verstand schon beim ersten Erwachen den empfundenen und wahrgenommenen Veränderungen gegenüber gerade

so verhält, wie der wissenschaftliche Beobachter einer Erscheinung gegenüber.

In beiden Fällen ist das Bedürfniss einer Erklärung vorhanden, und zur Befriedigung dieses Bedürfnisses müssen nothwendig gewisse Annahmen oder Hypothesen gemacht werden, mit deren Hülfe eine Erklärung möglich wird.

So macht der erwachende Verstand, um sich gesetzmässig empfundene Veränderungen zu erklären, die Hypothese einer nach drei Dimensionen ausgedehnten Aussenwelt, und hat sich in einer ungeheuren Reihe von Generationen so sehr von der Richtigkeit dieser Hypothese überzeugt, dass er gegenwärtig die Existenz dieser realen Aussenwelt für eine der am sichersten bewiesenen Wahrheiten hält.

Die Kategorien des Verstandes, durch welche die Möglichkeit einer solchen Hypothese bedingt ist, entwickelten sich in Form von Anschauungen und so entstanden die Vorstellungen von Zeit, Raum und Causalität.

Zur Erzeugung dieser Anschauungen ist die bewusste Anwendung der Verstandesthätigkeit noch nicht erforderlich, wir finden sie in uns unmittelbar als eine eng mit einander verschmolzene anschauliche Vorstellungsmasse vor.

Werden aber bei einer höheren Stufe der organischen Entwickelung vom Verstande dieselben Operationen, durch welche er sich beim ersten Erwachen zu den Hypothesen von Subject und Object, von Ich und Aussenwelt gezwungen sah, auf wahrgenommene Veränderungen bewusst angewandt, so entstehen hier die Hypothesen von materiellen Puncten und der Zeit und dem Raume nach unveränderlichen Kräften.

Die hierdurch erlangte fortdauernd befriedigende Erklärung der Phänomene verwandelt diese Hypothesen allmälig ebenfalls in nicht mehr zu bezweifelnde Wahrheiten.

Es ist hierbei sehr bemerkenswerth, dass der Begriff einer der Zeit und dem Raume nach unveränderlichen Kraft vom Verstande als ein Axiom angesehen wird, und zwar deswegen, weil sein Bedürfniss durch die Annahme solcher Kräfte vollständig befriedigt wird. Die Frage »warum?« als Ausdruck des Causalitätsbedürfnisses, ist nur da möglich, wo Unterschiede vorhanden sind, seien es

zeitliche, wie bei intensiven Veränderungen, oder seien es räumliche, wie bei endlichen Figuren und extensiven Veränderungen.

Es lässt sich nun leicht zeigen, dass dem erwähnten Axiom nur eine ganz bestimmte Art von Kräften Genüge leisten kann, nämlich nur solche Kräfte, welche im umgekehrten Verhältniss des Quadrates der Entfernung wirken, wie die Gravitation, die electrischen und magnetischen Kräfte. Man denke sich zu diesem Zwecke um ein derartiges Kraftcentrum eine Kugeloberfläche mit einem bestimmten Radius beschrieben und auf dieser Oberfläche ein Medium in Form einer dünnen Schicht von überall gleicher Dichte gleichförmig ausgebreitet, auf welche das Kraftcentrum wirkt, so ist die Grösse der vom Centrum in jenem Abstande ausgeübten Gesammtwirkung gleich dem Producte aus der Quantität der Masse und der Intensität der Kraft. Wählt man nun irgend eine andere, entferntere oder nähere, Kugelschale und denkt sich dieselbe wiederum mit jenem Medium gleichförmig belegt, so dass die Flächeneinheit in beiden Fällen die gleiche Masse erhält, so ist die von dem Centrum in dieser anderen Entfernung ausgeübte Wirkung dieselbe wie vorher, weil die Quantität der der Kraft unterworfenen Masse in demselben Verhältniss gewachsen ist, wie sich die Intensität der Kraft vermindert hat.

Man sieht also, dass jedes Kraftgesetz, welches die Veränderung der Kraft mit dem Abstande nach einer andern Function als das NEWTON'sche ausdrückt, nur die zeitliche aber nicht die räumliche Unzerstörbarkeit einer Kraft ausdrücken kann. Gesetzt daher, die begriffliche Zergliederung einer Erscheinung nöthigte zur Annahme eines anderen Kraftgesetzes, so wäre der Verstand nach beendigter Arbeit noch zu der Frage berechtigt, wozu die im Raume verschwundene Kraft gebraucht wurde, oder woher die neu aufgetretene gekommen sei. Die erste Frage müsste bei allen denjenigen Kraftfunctionen gestellt werden, bei welchen der Exponent der reciproken Entfernung grösser als + 2, die zweite bei allen denjenigen, wo dieser Exponent kleiner als + 2 ist.

Die NEWTON'sche Kraftfunction ist also nichts anderes als der phänomenale Ausdruck des Axioms von der Unzerstörbarkeit einer Kraft der *Zeit* und dem *Raume* nach.

Die Frage, weshalb in der Natur kein anderes Gesetz die Bewegungen der Himmelskörper bedingt als gerade das NEWTON'sche, ist folglich mit Rücksicht auf das Causalitätsbedürfniss des Verstandes, zu dessen Befriedigung die Hypothese jener Kraft gemacht wurde, eine unlogische. Das Unlogische dieser Frage tritt sofort auch in's Bewusstsein, wenn man den Inhalt der NEWTON'schen Kraftfunction, nicht wie üblich durch seine Wirkungen, sondern durch eine Qualität der Ursache jener Wirkungen, d. h. als einen auf die Beschaffenheit der Kraft bezüglichen Satz ausspricht, den dann der Verstand als Axiom zu betrachten gezwungen ist.

Wie schon oben bemerkt, ist nun aber die Zurückführung der Erscheinungen auf die Bewegungen von materiellen Puncten, welche mit zeitlich und räumlich unzerstörbaren Kräften ausgestattet sind, bisher nur in der Mechanik des Himmels und bei einem sehr geringen Theile molecularer Erscheinungen an der Erdoberfläche näherungsweise möglich gewesen.

Demgemäss kann das Bedürfniss unseres Verstandes den Erscheinungen der Welt gegenüber auf dem gegenwärtigen Standpuncte unserer Naturerkenntniss nur sehr unvollkommen befriedigt werden, indem das Endziel einer jeden Erklärung nur darin bestehen kann, das beobachtete Phänomen als eine Wirkung von solchen Ursachen darzustellen, welche uns im Bereiche der bisher wahrgenommenen Erscheinungen zwar als bekannte aber noch unerklärte Qualitäten der Materie geläufig sind.

Die Aufgabe einer jeden Hypothese besteht folglich lediglich darin, solche Annahmen über die Ursachen der zu erklärenden Erscheinung zu machen, welche die Zurückführung derselben auf bekannte Erscheinungen ermöglichen. Man sieht hieraus, dass es unlogisch ist, bei Aufstellung einer Hypothese die Annahme einer neuen, bisher unbekannten Kraft oder Erscheinungsweise der Materie zu machen. Hierdurch kann das Bedürfniss eines klaren Verstandes nicht befriedigt, wohl aber das eines mangelhaften getäuscht werden. Für den Verstand ist es ganz gleichgültig, worin die zu erklärende Erscheinung besteht, mag dies ein Comet, oder die Wirkungsweise einer bisher unbekannten Kraft sein.

Die Annahme einer neuen Eigenschaft der Materie wäre erst dann eine nothwendige, wenn logisch nachgewiesen worden ist, dass in der Beschaffenheit der zu erklärenden Erscheinung begriffliche Elemente vorkommen, welche in den bisher der Materie beigelegten Eigenschaften nicht vorhanden sind, und daher auch nicht daraus abgeleitet werden können.

Hieraus folgt, dass es bei einer gegebenen Anzahl causal verknüpfter Veränderungen, deren Zusammenhang und gemeinsame Ursache uns noch unbekannt ist, durchaus nicht der Willkür überlassen ist, welche Hypothese zur Erklärung dieser Erscheinung angenommen wird. Es giebt stets nur *eine* Hypothese, welche bei einer gegebenen Zahl von zusammenhängenden Veränderungen den logischen Forderungen des Verstandes am vollkommensten entspricht. Wollte man nach Belieben die eine oder andere der beobachteten Veränderungen zum Ausgangspuncte einer Hypothese wählen, so würde dies ein eben so grosser Fehler sein, als wollte man unter einer grösseren Anzahl von beobachteten Quantitäten, die sich alle auf dieselbe Grösse beziehen, nach individuellem Bedürfniss, die eine oder die andere zum Ausgangspuncte seiner Deductionen machen.

Auch hier giebt es nur einen Werth, welcher der wahrscheinlichste ist, nämlich unter übrigens gleichen Umständen das arithmetische Mittel.

Wie wenig sich unsre exacten Forscher dieser logischen Forderungen der Erkenntnisstheorie bewusst sind, ja, wie sie sogar mit vollem Bewusstsein die Willkürlichkeit der oben erwähnten Auswahl für ganz natürlich halten, dafür mögen die folgenden Worte des französischen Akademikers FAYE den Beweis liefern, welcher zur Erklärung der Schweife der Cometen und der Verkürzung ihrer Umlaufszeit die Nothwendigkeit der Einführung einer neuen Kraft in das Weltsystem[1] — »*la nécessité d'introduire une force*

1 Comptes rendus T. 47. p. 1043 1858. Es folgt alsdann die wörtliche Uebersetzung derselben Stelle aus den *Outlines of Astronomy* von Sir JOHN HERSCHEL 1858. p. 406, deren verderblichen Einfluss auf die logischen Operationen phantasiereicher Köpfe wir weiter unten in viel höherem Masse bei der Betrachtung der TYNDALL'schen Cometentheorie wiederfinden werden.

nouvelle dans le système du monde où la gravitation newtonienne a régné jusqu'ici sans partage« — durch folgende Reflexionen zu begründen sucht:

»*Souvent, dans le travail de tête qui aboutit à la création des hypothèses, tout dépend du fait qui a attiré le plus vivement l'attention de l'auteur. Frappé de la formation régulière des secteurs lumineux de la comète de* 1811, *Olbers a prononcé, sans hésiter, que l'idée de Kepler et d'Euler était fausse, puisque la répulsion solaire ne saurait expliquer l'émission dirigée du noyau vers le soleil sous forme de secteur. Il a donc doté la comète et le soleil à la fois de forces répulsives dont il entrevoit la cause commune dans l'électricité développée en raison de la proximité des deux astres. Il bannit ainsi de la question l'action calorifique du soleil, introduite par Newton, en se fondant sur des raisons dont la justesse m'échappe. Bessel, frappé du balancement plus ou moins périodique du secteur lumineux de la comète de Halley* (1835), *y voit l'indice d'une force polaire développé dans le noyau par le soleil, et subordonne tout à cette polarité. Quant à moi, si j'ose me citer après les plus grands noms de l'astronomie, j'étais surtout préoccupé de l'accélération de la comète d'Encke, et j'ai cherché comment la répulsion solaire, dont la figure des comètes nous prouve l'existence, pourrait donner naissance à la composante tangentielle exigée par cette accélération.*«[1])

6. *Die vier Hypothesen, welche der Tyndall'schen Theorie zu Grunde liegen. Schluss der logischen Analyse dieser Theorie.*

Nachdem im Vorhergehenden der Ursprung und Zweck einer jeden Hypothese entwickelt worden ist, gehe ich jetzt zur Betrachtung der von Herrn TYNDALL aufgestellten »Cometentheorie«[2]) selbst

1) Comptes rendus T. 48. p. 421 (1859).

2) Das Verhältniss von »Hypothese« und »Theorie« kann begrifflich dadurch bestimmt werden, dass die Hypothese das Frühere, das Material ist, aus welchem sich eine Theorie logisch aufbauen lässt. Wenn ich von der Theorie einer Erscheinung spreche, so setzt dies bereits die gelungene Deduction derselben aus irgend einer bestimmten hypothetischen Annahme voraus. Der Inhalt der Hypothese entwickelt sich im Laufe der Zeit durch fortschreitende Erklärungen, welche mit ihrer Hülfe

über, um zu untersuchen, in wie weit dieselbe den allgemein an jede Hypothese zu stellenden logischen Forderungen entspricht.

Berücksichtigt man bei einem Cometen nur die wesentlichsten Erscheinungen, die eine jede Theorie zu erklären, d. h. begrifflich auf bekannte Erscheinungen zurückzuführen hat, so reduciren sich dieselben auf die beiden folgenden:

1. Die Enstehung des Kopfes mit seiner Dunsthülle.
2. Die Entstehung eines von der Sonne abgewandten Schweifes.

Für die erste Erscheinung giebt Herr TYNDALL gleich im ersten Satze seiner Theorie die folgende Erklärung:

»1. Meine Theorie ist, dass ein Comet aus Dampf besteht, der sich durch das Sonnenlicht zersetzen lässt, und dass der sichtbare Kopf und Schwanz eine actinische Wolke sind, die durch solche Zersetzung entstand.«

Die zweite Erscheinung wird im vierten Satze der Theorie mit folgenden Worten erklärt:

»4. Der Schweif ist immer der Sonne abgekehrt aus folgender Ursache: Zwei antagonistische Kräfte wirken auf den Cometen bildenden Dampf — einerseits eine actinische Kraft, welche Niederschlag bewirkt; andrerseits eine calorische Kraft, die Verdunstung bewirkt. Wo die erstere vorwiegt, haben wir die Cometenwolke, wo die andere vorwiegt, den durchsichtigen Cometendampf . . . . Um zu erklären, dass Niederschlag hinter dem Kopf des Cometen, oder in dem Raume, wo des Kopfes Schatten liegt, eintritt, braucht man nur anzunehmen, dass die calorischen Strahlen der Sonne reichlicher vom Kopf und Kern absorbirt werden, als die actinischen Strahlen. Dadurch würde das verhältnissmässige Uebergewicht der actinischen Strahlen hinter dem Kopf und Kern gesteigert, und sie würden in den Stand gesetzt werden, die Wolke, die den Cometen-Schweif bildete, niederzuschlagen.«

---

erlangt werden, zu einer Wahrheit, der Inhalt der Theorie bezieht sich auf die Operationen, durch welche die Ableitung erfolgt; sie setzt also nothwendig schon die gelungene Ableitung eines wenn auch noch so geringen Theils der zu erklärenden Erscheinung voraus. Wir sprechen in diesem Sinne von einer Theorie des Lichtes, aber von einer Hypothese des Aethers.

Um den Inhalt des ersten Satzes auf die Entstehung des Kopfes und der Dunsthülle der Cometen überhaupt anwenden zu können, muss vorher die Annahme eines im Weltraume vorhandenen Dampfes gemacht werden, welcher durch die actinische Wirkung von Strahlen zersetzt werden kann. Dies ist also die erste Hypothese, welche der ganzen Cometentheorie TYNDALL's zu Grunde liegt und ohne welche dieselbe gar nicht denkbar ist.

Die Flüssigkeiten, an deren Dämpfen Herr TYNDALL in seinem Laboratorium bisher die actinische Zersetzung durch Lichtstrahlen beobachtet hat, sind im Allgemeinen Verbindungen von Chlor, Brom, Jod, theils unorganischer, theils organischer Natur. [1]) Es sind dies also im Wesentlichen Verbindungen von denjenigen Stoffen, deren Beziehungen zum Licht schon längst bekannt sind und welche daher auch in der Photographie eine so ausgedehnte Rolle spielen. Wenn also Herr TYNDALL bei seiner Cometentheorie die Annahme von der Existenz solcher zersetzbaren Dämpfe im Weltraum als eine *conditio sine qua non* seiner ganzen Theorie machen muss, so würde es doch wohl nothwendig sein, zunächst die Frage zu erörtern, woher die Dämpfe so leicht zersetzbarer Stoffe im Weltraum stammen. Wenn man permanente Gase oder Dämpfe von so allgemein verbreiteten Flüssigkeiten wie Wasser im Weltraume voraussetzt, wie dies z. B. KEPLER bei seiner Theorie thut, so wird die Frage nach dem Ursprung dieser Stoffe gleichsam von selbst beantwortet, namentlich in der Gegenwart, wo durch die Spectralanalyse die Gleichartigkeit der wensentlichen Bestandtheile der Stoffe, aus denen die Weltkörper bestehen, zur unmittelbaren Evidenz geworden ist. Bei der starken und eigenthümlichen electiven Absorption der Chlor-, Brom- und Jodverbindungen, welche sich im Absorptionsspectrum ihrer Dämpfe durch zahlreiche dunkle Linien und Bänder auszeichnen, wäre man doch wohl zu dem sehr wahrscheinlichen Schluss berechtigt, dass sich ihre Anwesenheit, trotz einer noch so feinen Vertheilung im Weltraume, bei so ungeheurer Dicke

---

1) On a New Series of Chemical Reactions produced by Light, by John Tyndall. Proceedings of the Royal Society Vol. XVII. No. 105. Einige der in diesen Untersuchungen benutzten Flüssigkeiten sind folgende: Nitrite of amyl, Hydrobromic-Acid, Hydriodic- Acid, Allyljodid etc.

der durchstrahlten Schichten, wie sie durch die Entfernung von Sonne, Planeten und Fixsterne gegeben ist, im Spectrum dieser Himmelskörper verrathen müsste. Da dies jedoch nicht der Fall ist, und wir bisher überhaupt nicht von dem Vorhandensein solcher Dämpfe, nicht einmal in unserer Atmosphäre, etwas wahrgenommen haben, so wird man mir beipflichten, wenn ich behaupte, die Existenz von Dämpfen im Weltraume, welche durch Licht zersetzbar sind, ist die erste Hypothese, welche Herr TYNDALL bei seiner Theorie macht.

Unter Voraussetzung dieser Hypothese wollen wir nun die Erklärung näher untersuchen, welche Herr TYNDALL mit ihrer Hülfe für die Entstehung des Kopfes mit seiner Dunsthülle giebt.

Die durch Licht zersetzbaren Dämpfe können entweder gleichförmig oder ungleichförmig im Weltraume vertheilt sein. Im ersten Falle müsste eine bestimmte Ursache angenommen werden, welche an der Stelle, wo der Kopf des Cometen entsteht, die actinischen Strahlen gegenüber den antagonistischen calorischen Strahlen im Sonnenlicht so bedeutend steigert, dass hier die Bildung einer actinischen Wolke bewirkt wird. Herr TYNDALL sagt ausdrücklich:

> »Meine Theorie ist, ... dass der sichtbare Kopf und Schwanz eine actinische Wolke sind, die durch solche Zersetzung entstand.«

Für die actinische Wolke, welche den Schwanz bildet, empfindet Herr TYNDALL das Bedürfniss einer Ursache, welche das Quantitätsverhältniss der calorischen und actinischen Strahlen zu Gunsten der letzteren verändert, um überhaupt einen Niederschlag durch Zersetzung zu bewirken, denn er sagt im vierten Satze seiner Theorie:

> »Um zu erklären, dass der Niederschlag hinter dem Kopf des Cometen, oder in dem Raume, wo des Kopfes Schatten liegt, eintritt, braucht man nur anzunehmen, dass die calorischen Strahlen der Sonne reichlicher vom Kopf und Kern absorbirt werden, als die actinischen Strahlen.
>
> Dadurch würde das verhältnissmässige Uebergewicht der actinischen Strahlen hinter dem Kopf und Kern gesteigert, und sie würden in den Stand gesetzt werden, die Wolke, die den Cometenschweif bildete, niederzuschlagen.«

Wenn daher Kopf und Schwanz Wirkungen derselben Ursache sind, und für das Entstehen des Letzteren der Schatten des Kopfes vermöge der Eigenschaft, die calorischen Strahlen stärker als die actinischen zu absorbiren, eine *conditio sine qua non* ist, so müssen nothwendig die Strahlen der Sonne, ehe sie vermöge ihrer Bestandtheile die actinische Wolke des Kopfes erzeugen, einem ähnlichen Process der electiven Absorption unterworfen werden.

Man müsste also unmittelbar vor dem Kopfe des Cometen einen sonst nicht wahnehmbaren Stoff oder Körper annehmen, welcher vermöge stärkerer Absorption der calorischen Strahlen hinter sich einen calorischen Schatten erzeugte, in welchem die actinischen Strahlen der Sonne prävaliren und hierdurch den Kopf des Cometen erzeugten.

Es würde nun zwar eine derartige Annahme für Herrn TYNDALL keine Schwierigkeiten darbieten, indem wir sahen, dass er in der oben mitgetheilten Vervollständigung seiner Theorie, die »Annahme von unsichtbaren Cometen, die durch den Raum wandern, vielleicht über die Erde fegen und ihren Gesundheitszustand beeinflussen, ohne dass wir sonst etwas von ihrem Vorübergehen merken«, nicht für unmöglich hält. Indessen, wie dem auch sein mag, die Annahme eines derartigen unsichtbaren Körpers in dessen calorischen Schatten der Kopf des Cometen sich befindet, ist für das Entstehen desselben eine unabweisbare Nothwendigkeit, und muss deshalb als die zweite Hypothese betrachtet werden, zu welcher Herr TYNDALL bei seiner Cometentheorie gezwungen ist.

Während nun Herr TYNDALL die soeben erwähnte Hypothese stillschweigend und daher auch wohl unbewusst macht, spricht er dagegen die folgende über die calorisch stärkere Absorption des Kopfes mit Bewusstsein aus, weil sie offenbar der Cardinalpunct seiner ganzen Theorie sowohl für das Entstehen als auch für die schattenähnlich der Sonne abgewandte Richtung des Schweifes ist. Wie gering die Schwierigkeiten dieser Annahme für Herrn TYNDALL sind, verräth er uns durch die in dem betreffenden Satze vorkommenden Worte »braucht man nur anzunehmen«.

Wir wollen jetzt den Inhalt dieser Annahme etwas näher betrachten und daher die Existenz des Kopfes, unbekümmert um die

Ursache, welche vor seiner Erzeugung das Intensitätsverhältniss der calorischen zu den actinischen Strahlen geändert hat, einfach als nicht weiter zu erklärende Thatsache annehmen. Nur soviel muss festgehalten werden, dass die Wolke, welche den Kopf des Cometen bildet, durch actinische Zersetzung des im Weltraume verbreiteten Dampfes entstanden ist.

Es ist nun eine längst bekannte, durch BUNSEN's und ROSCOE's photochemische Untersuchungen und neuerdings wieder durch interessante Beobachtungen von SCHULTZ-SELLACK bestätigte Thatsache, dass Strahlen, welche beim Durchgang durch Medien innerhalb derselben gewisse Veränderungen bewirken, nach dem Durchgange durch das Medium einen der Wirkung entsprechenden Verlust erlitten haben, und daher im Verhältniss zu den übrigen Strahlen abgeschwächt sind. Es muss diese Erscheinung vom Standpuncte des Princips von der Erhaltung der Kraft, — dessen mannigfache Consequenzen ja gerade Herr TYNDALL in seinen Vorlesungen über die Wärme, (deren Schlusskapitel die Cometentheorie bildet), in so beredten Worten schildert —, als eine durchaus nothwendige Consequenz jenes Princips betrachtet werden.

Alles dies verhindert Herrn TYNDALL nicht, für die actinische Wolke des Cometenkopfes, welche durch actinische Strahlen, — also doch wohl auch auf Kosten und durch Verbrauch derselben —, entstanden ist und entsteht, eine geringere Absorption dieser Strahlen gegenüber den calorischen anzunehmen. Es ist dies offenbar eine so merkwürdige, und allen bisher bekannten Analogien widersprechende Annahme, dass jeder Physiker, welcher sich zu derselben aus bestimmten Gründen gezwungen sieht, den lebhaften Wunsch hegen muss, sich wenn irgend möglich experimentell von der Existenz einer solchen Wirkung zu überzeugen. Für Herrn TYNDALL wäre dies ein Leichtes gewesen; er hätte nur zwei gleich lange und mit Platten von demselben Glase verschlossene Experimentirröhren gleichzeitig der Strahlenwirkung zu unterwerfen brauchen, während die eine Röhre leer, die andere von zersetzbaren Dämpfen erfüllt war. Eine längere Einwirkung der beiden durch die Röhren gegangenen Strahlenbündel auf eine photographisch präparirte Platte, würde vielleicht hingereicht haben, um Herrn TYNDALL zu überzeugen, dass hinter der mit Dämpfen erfüllten Röhre die photo-

chemische Einwirkung eine geringere als hinter der anderen Röhre ist, so dass also der Raum hinter der actinischen Wolke weniger chemische und actinische Strahlen als der von der Wolke nicht beschattete Theil des Raumes enthalten muss.

Da nun aber, — wie gezeigt und Herr TYNDALL selber fühlt —, trotz alledem die Annahme einer relativ geringeren Absorption der actinischen Strahlen im Kopfe angenommen werden muss, um hierdurch in dessen Schatten eine grössere Wirkung der actinischen Strahlen zu erhalten und so die Entstehung des Schwanzes und seiner Richtung zu erklären, so ist die Annahme der erwähnten Absorption im Kopfe des Cometen die dritte und vielleicht merkwürdigste Hypothese der TYNDALL'schen Theorie.

Ich will nun aber endlich auch diese Eigenschaft einfach als eine nicht weiter zu erklärende Thatsache annehmen, und nur die einem jeden Menschen aus den Erfahrungen des täglichen Lebens bekannten Verhältnisse des Schattenwurfes in ihrer Beziehung zur TYNDALL'schen Theorie etwas näher in's Auge fassen.

Wenn der leuchtende Körper kein Punct ist, sondern einen scheinbaren Durchmesser von hinreichender Grösse besitzt, wie z. B. die Sonne von der Erde aus gesehen, so unterscheidet man einen Kern- und Halbschatten. Der erstere bildet einen Kegel mit einem der Lichtquelle abgewandten Scheitel und enthält alle diejenigen Puncte, welche gar keine Strahlen von der Lichtquelle erhalten. Der zweite bildet einen durch den beleuchteten Körper abgestumpften Kegel, dessen Scheitel nach der der Lichtquelle zugewandten Seite liegt, und in welchem sich alle diejenigen Puncte befinden, welche nur einen Theil der Strahlen empfangen.

Demgemäss muss nach der Theorie des Herrn TYNDALL das Uebergewicht der actinischen über die calorischen Strahlen im Kernschatten der actinischen Wolke des Kopfes am grössten und also auch hier die actinische Wolke, welche den Schweif bildet, am hellsten und intensivsten entwickelt sein.

Hätte sich nun Herr TYNDALL der Mühe unterzogen, mit Rücksicht auf diese einfach aus der Natur des Schattenwurfes folgende Consequenz die Abbildung irgend eines Cometen zu betrachten,

z. B. Fig. 2 in den *Outlines of Astronomy by Sir John Herschel*, so würde er die Bemerkung gemacht haben, dass gerade das Gegentheil von der obigen Folgerung beobachtet wird. Da, wo der von ihm angenommene Kernschatten des Kopfes liegen sollte, ist der Schweif am wenigsten intensiv, dagegen da, wo ungefähr der Halbschatten hinfiele, am intensivsten.

Dass aber selbst dieser dunklere, in die Richtung des supponirten Kernschattens fallende Raum der Cometen-Schweife nicht durch Schattenwurf erklärt werden kann, hat schon OLBERS nachgewiesen, indem er in seiner Abhandlung (p. 11) hierüber Folgendes bemerkt:

»Man hat diese oft bemerkte dunkle Bande sehr unbedachtsam für einen Schatten des Cometenkernes erklären wollen, was sie durchaus nicht sein kann. Man darf nur an die Grösse der Sonne und die Kleinheit der Cometenkerne denken, um diese Schatten-Hypothese völlig zu verwerfen. Diese dunkle Bande deutet nothwendig auf einen ähnlichen hohlen Conoïden von Schweifmaterie, wie bei unsern Cometen.«

Will also Herr TYNDALL seine Theorie auch der hier entwickelten Consequenz gegenüber aufrecht erhalten, so ist er gezwungen, die Annahme einer specifischen, nicht weiter erklärbaren, Verschiedenheit zwischen Kern- und Halbschatten bezüglich ihrer Wirksamkeit auf die actinischen Strahlen zu machen. Mit andern Worten, das relative Intensitätsverhältniss der actinischen zu den calorischen Strahlen wird zwar durch die elective Absorption des Kernes zu Gunsten des ersteren verändert, und hierdurch im Schattenraume des Kernes eine actinische Wolke in Form des Schweifes gebildet. Aber die Grösse dieser Veränderung in einem Strahlenbündel ist nicht, wie bei allen uns bekannten Vorgängen dieser Art, proportional der Strahlenmenge, welche von jenem Bündel dem modificirenden Einfluss des Kernes unterworfen wird, sondern, sobald es sich um eine Intensitätsverminderung durch Halbschatten handelt, findet gerade das Umgekehrte statt. Man sieht also, es müssen sich der actinischen Wirkung des Lichtes gegenüber Kern- und Halbschatten eines absorbirenden Mediums umgekehrt wie jeder andern Wirkung des Lichtes gegenüber verhalten, die von Intensitätsunterschieden desselben abhängig ist.

Dies ist die vierte Hypothese, zu welcher Herr TYNDALL bei seiner Theorie logisch gezwungen ist.

Ich bemerke nun, dass die bisherigen Deductionen unter der Annahme entwickelt worden sind, es seien die durch actinische Lichtwirkung zersetzbaren Dämpfe gleichförmig im Weltraume verbreitet. Nimmt man jedoch an, diese Gleichförmigkeit fände nicht statt, sondern an der Stelle, welche den Kopf des Cometen bildet, befände sich ein Dichtigkeitsmaximum in Form einer kugelförmigen Dampfmasse, so würde eine solche Annahme zu noch wunderbareren Consequenzen als die bereits abgeleiteten führen. Ich will jedoch den Leser mit dieser Ableitung nicht weiter behelligen und hier nur kurz das Resultat unserer bisher über den logischen Werth der TYNDALL'schen Hypothese angestellten Untersuchung anführen.

Der Verstand hat das Bedürfniss jede Erscheinung zu erklären, d. h. dieselbe als das Resultat bekannter Kräfte oder Erscheinungen begrifflich abzuleiten. Um dieses Bedürfniss zu befriedigen, macht der Verstand eine Hypothese über die Beschaffenheit der wirksamen Ursachen, und versucht unter Voraussetzung dieser Ursachen auf Grund ihrer bekannten Wirkungsweise, die Erscheinung logisch zu deduciren. Nach der Vollständigkeit, mit welcher diese Ableitung bewerkstelligt werden kann, bemisst sich der Werth einer Hypothese. Dieselbe verwandelt sich allmälig in eine Wahrheit, wenn die Erscheinungen, zu deren Erklärung sie aufgestellt ist, vollständig daraus abgeleitet werden können, d. h. wenn der Verstand nach vollendeter Deduction in keiner Beziehung mehr die Frage »warum?« aufzuwerfen berechtigt ist. Den Inbegriff derjenigen Verstandesoperationen, durch welche aus einer Hypothese mit grösserer oder geringerer Vollständigkeit eine Erscheinung abgeleitet wird, nennt man Theorie der Erscheinung.

Es geht hieraus hervor, dass jede Hypothese nur bekannte Kräfte oder Erscheinungen zur Erklärung annehmen darf, indem die Annahme einer bisher unbekannten Kraft nur die Qualität des zu erklärenden Phänomens ändern, aber nicht die Zahl der unerklärten Momente reduciren kann. Soll eine Hypothese nicht vollkommen unnütz und demgemäss die Verstandesarbeit, welche sie zur Befriedigung eines Bedürfnisses erzeugte, keine zwecklose sein, so muss jede Hypothese die Zahl der unbegriffenen Mo-

mente einer Erscheinung mindestens um eins erniedrigen.

Herr TYNDALL stellt sich zunächst nur die Aufgabe, zwei bisher unbegriffene Erscheinungen an den Cometen zu erklären, nämlich

1. Die Entstehung des Kopfes mit seiner Dunsthülle.
2. Die Entstehung eines von der Sonne abgewandten Schweifes.

Um diesen Zweck zu erreichen und das Bedürfniss seines und des Verstandes anderer Menschen zu befriedigen, ersinnt er eine Hypothese, welche an Stelle der obigen zwei die folgenden vier unbegriffenen Wirkungen enthält:

1. Die Existenz von Dämpfen im Weltraume, welche durch die actinische Wirkung des Lichtes zersetzbar sind.
2. Die Existenz von unsichtbaren Massen im Weltraume, welche die Eigenschaft besitzen, die calorischen Strahlen des Sonnenlichtes stärker als die actinischen zu absorbiren und hierdurch den letzteren in ihrem Schatten ein Uebergewicht verschaffen, durch welches der Kopf des Cometen entsteht.
3. Die actinischen Strahlen werden durch die Wirkungen, welche sie bei der Zersetzung der Dämpfe im Kopfe des Cometen erzeugen, nicht geschwächt, sondern verstärkt. Ihre Wirkungsweise macht daher eine Ausnahme von dem bisher als Axiom betrachteten Satze, dass da, wo Wirkungen entstehen, eine denselben proportionale Quantität von Ursachen verschwindet.
4. Bei der actinischen Wirkung der Lichtstrahlen findet zwischen dem Kern- und Halbschatten eines Körpers nicht nur, wie bei allen übrigen Lichtwirkungen, ein quantitativer, sondern ein specifischer Unterschied statt, dergestalt, dass trotz der relativ geringeren Menge actinischer Strahlen im Halbschatten die actinische Wirkung in demselben grösser als im Kernschatten ist.

Man sieht hieraus, dass die TYNDALL'sche Hypothese den Zweck der Verstandesbefriedigung, zu welchem sie vom Urheber für sich selbst und für Andere erdacht wurde, nicht nur nicht erfüllt, sondern durch die Verdoppelung der Zahl der zu erklärenden Erscheinungen dieses Bedürfniss noch steigert. Demgemäss verhalten sich die Verstandesoperationen, durch welche jene Hypothese zu Stande

gebracht wurde, zu ihrem Product nicht nur wie eine zwecklose, sondern wie eine schädliche Handlung, schädlich sowohl in Bezug auf das handelnde Individuum als auch in Bezug auf Andere, bei denen das Resultat jener Handlung die Befriedigung eines Bedürfnisses bezweckte.

Eine Hypothese verhält sich zum Bedürfniss des Verstandes wie eine Speise zum Bedürfniss des Leibes. Die TYNDALL'sche Hypothese ist also, wie man sieht, einer Speise vergleichbar, welche durch ihre unverdaulichen Bestandtheile nicht nur das Bedürfniss des Hungers nicht befriedigen kann, sondern die nach dem Genuss durch ihre schädliche Einwirkung auf den Organismus den Kräftezustand des hungernden Menschen noch herabsetzt und dadurch den empfundenen Hunger, als Ausdruck eines zu erhöhenden Kräftezustandes, in bedenklicher Weise vergrössert.

Eine so beschaffene Hypothese bietet uns nun Herr TYNDALL am Schlusse seiner zur Belehrung des Volkes veröffentlichten Vorträge »über die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung« mit folgenden Worten dar:

> »Ich veröffentliche hier eine Hypothese über die Bildung der Cometen, die von bedeutenden Männern nicht ungünstig aufgenommen ist. Der Leser mag sie als Uebung für sein Verständniss der Thatsachen betrachten, von denen in diesem Buche die Rede war,« . . . . .

Nun, ich hoffe durch das Vorstehende wenigstens meine Landsleute genügend vor einer solchen Uebung und den damit verbundenen Gefahren gewarnt zu haben.

Aber ich darf auch die Hoffnung hegen, dass Herr TYNDALL sich mir gegenüber zu aufrichtigem Danke für die gründliche Widerlegung seiner Hypothese verpflichtet fühlen wird, weil sich dieselbe nun in unseren Köpfen nicht noch fester setzen und noch grösseres Unheil anrichten kann, als dies vielleicht schon während eines fast dreijährigen Incubationsstadiums der Fall gewesen ist.

Dass ich mich dem Gefühle dieser Hoffnung ohne irgend welche Besorgniss vor einer möglichen Täuschung vertrauensvoll überlassen darf, dafür bürgen mir die denkwürdigen und schönen Worte, mit welchen Herr TYNDALL seinen Vortrag am 8. März 1869 vor der Versammlung der philosophischen Gesellschaft in Cambridge be-

schlossen hat, an jenem Tage, an welchem seine Cometen-Theorie zum ersten Male das Licht der Welt erblickte. Diese Worte sind uns als ein Muster wissenschaftlicher Bescheidenheit a. a. O. p. 688 und 689 durch den Druck erhalten worden und lauten also:

»Ich habe diese ganze Theorie ausschliesslich auf wirklich bestehende Ursachen gegründet und keinerlei Art von Wirkung angenommen, die nicht auf der sicheren Grundlage der Beobachtung oder des Versuches ruhte. Es steht nun bei Ihnen zu sagen, ob ich, indem ich dies auszusprechen wagte, die Grenzen »rationeller Speculation« überschritten habe. Habe ich es gethan, so konnte ich jedenfalls keinen geeigneteren Ort finden, um schnell und sicher widerlegt zu werden. Sollte die Theorie ein reines Hirngespinnst sein, so werden Ihr Adams und Ihr Stokes, (zum Glück Beide hier anwesend), denen ich die Hypothese mit der Aussicht vorlege, sie durch Astronomie und Physik augenblicklich vernichtet zu sehen, wenn sie nichts Besseres verdient, dieser Pflicht ohne Zweifel in wirksamster Weise nachkommen und so uns Beide, Sie und mich, vor Irrthum bewahren, ehe derselbe sich ernstlich in unseren Köpfen festsetzen konnte.«

7. *Logische Analyse der Cometen-Theorie von Kepler.*

Ehe ich von den Anwendungen der Principien der Erkenntnisstheorie zur Untersuchung der psychologischen Ursachen übergehe, welche das Erscheinen der Tyndall'schen Cometentheorie bewirkt haben, fühle ich das Bedürfniss, zunächst einige Zweifel zu beseitigen, welche sich möglicherweise über den realen Werth der von mir aufgedeckten Mängel jener Theorie bei dem Leser erheben möchten.

Man könnte vielleicht glauben, es käme nur auf eine angemessene und geschickte Führung des Secirmessers an, um am Ende bei einer jeden Theorie derartige Unvollkommenheiten herauszupräpariren und sie dann nach Belieben für polemische Zwecke auszubeuten.

Derartige Zweifel glaube ich nun am besten dadurch beseitigen zu können, dass ich eine andere zur Erklärung ganz derselben Er-

scheinung entwickelte Theorie von denselben Gesichtspuncten wie diejenige TYNDALL's untersuche. Ich wähle hierzu die Cometentheorie eines Mannes, dessen Verstand bereits 260 Jahre vor Herrn TYNDALL beim Anblick eines Cometen das Bedürfniss empfand, sich Rechenschaft von den Ursachen zu geben, welche

1. die Entstehung des Kopfes,
2. die Entstehung des Schweifes mit seiner stets von der Sonne abgewandten Richtung und Krümmung

bewirkten. Es ist diess KEPLER, derselbe, welcher durch einsame und mühevolle Gedankenarbeit jene denkwürdigen Gesetze ermittelte, die ein Verstandes-Bedürfniss der Menschheit befriedigten und deshalb seinen Namen unsterblich machten.

Untersuchen wir die Verstandesoperationen dieses Mannes gegenüber den Cometenphänomenen ebenfalls vom Standpuncte der Zweckmässigkeit bezüglich des zu befriedigenden Bedürfnisses der Erkenntniss.

Die Beantwortung der Frage, wodurch überhaupt ein Comet oder der Kopf desselben entstehe, macht KEPLER gar keine besonderen Schwierigkeiten, und dies mit vollem Rechte. Denn da die Cometen als sinnlich wahrnehmbare Objecte nothwendig materieller Natur sind, und daher alle wesentlichen Eigenschaften der Materie besitzen müssen, so ist man zur Beantwortung der Frage ihres Ursprungs im Grunde nicht mehr als bei jedem andern Naturproduct verpflichtet:

»*Von den Cometen ist diss mein einfältige Meynung, dass, wie es natürlich, dass aus jeder Erden ein Kraut wachse, auch ohne Suamen, und in jedem Wasser, sonderlich im weiten Meer, Fische wachsen und darinnen umbschweben, ... allermassen sey es auch mit der himmlischen, überall durchgängigen und ledigen Lufft beschaffen, dass nemlich dieselbige diese Art habe, aus ihr selber die Cometen zu gebüren,*« . . . .

Dies sind die Worte KEPLER's, in denen er die Frage nach der Ursache der Entstehung eines Cometen erledigt. [1])

1) Ausführlicher sind diese und die folgenden Stellen in dem vorhergehenden Abschnitt mitgetheilt.

Den Process der Entstehung betrachtet KEPLER als einen Verdichtungsprocess, gerade so wie wir uns heute vom Standpuncte der Verdampfungstheorie das Entstehen eines Flüssigkeitstropfens in einer gesättigten Dampfatmosphäre vorstellen, wenn ihre Temperatur erniedrigt wird. Er sagt nämlich von jener himmlischen, überall durchdringlichen Luft im Weltraume, welche die Cometen aus sich selber gebiert, bezüglich dieses Bildungsprocesses Folgendes:

»*Wann sie etwa an einem Ort dick wird, also dass die Sonne und die Sterne ihre Straalen nicht wohl hindurch schiessen und auff Erden leuchten können, alsdann ist es Zeit, und bringt es dieser himlischen Lufft lebhaffte Natur mit sich, dass solche dicke, feiste Materi gleichsam als in ein Apostem zusammengezogen und ihrer Natur nach erleuchtet und wie andere Sterne mit einer Bewegung begabt werde.*«

Ueber die physikalische Beschaffenheit der Masse, welche durch den erwähnten Verdichtungsprocess gebildet worden ist, sagt KEPLER zunächst nichts Näheres aus; es wird sich aber später zeigen, dass er diese Masse im Wesentlichen als eine durchsichtige, spiegelnde und stark lichtbrechende Flüssigkeit betrachtet, obschon er dies nicht direct ausspricht.

KEPLER geht nach dieser Erledigung der ersten Frage, zu welcher, wie gezeigt, Herr TYNDALL bereits seine beiden ersten Hypothesen aufstellen musste, zur Erklärung der zweiten Erscheinung über, indem er über Entstehung der Schweife Folgendes bemerkt:

»*Wann nun also ein durchsichtige, liechte Kugel oder Klumpff im Himmel schwebt, und die Sonne mit ihren rechtlinigen Straalen darauf trifft, denselben auch durchgehet, so halt ich, dass solche Straalen etwas von der Materi der Cometen-Kugel mit sich davon führen und also den Cometen bleichen, waschen, saigern, durchtreiben und endlich gar vertilgen, inmassen bei uns hier auf Erden die Sonne alle Farben aus leinen Tüchern vertilget, verzehret und vertreibet und sie also schneeweiss machet;*«

Man sieht aus diesen Worten, dass KEPLER bei seiner Erklärung die Emanations-Theorie des Lichtes voraussetzt, offenbar zu seiner Zeit die einzig richtige Voraussetzung. Nach dieser Theorie werden von jedem leuchtenden Körper fortdauernd kleine

materielle Theilchen mit grosser Geschwindigkeit geradlinig fortgeschleudert. Treffen dieselben auf einen andern Körper, so prallen sie vermöge ihrer Elasticität zurück und vermitteln auf diese Weise die Wahrnehmung selbstleuchtender und beleuchteter Körper. Wir beobachten nun aber bei allen Naturprocessen auf der Erde, wo materielle Theilchen mit grosser Geschwindigkeit auf andere Körper treffen und dieselben durchdringen, wie z. B. Schroot-, Flinten- oder Kanonenkugeln, dass jene bewegten Kugeln Theile der getroffenen Körper mit sich fortreissen und hierdurch dieselben auflockern, verkleinern und schliesslich vernichten. Ganz dieselbe Wirkung müssen offenbar unter der gemachten Voraussetzung auch die fortgeschleuderten Lichttheilchen auf lockere und durchsichtige Körper, also z. B. auf die durchsichtige, leichte Cometenkugel ausüben. Freilich bleibt uns hierbei der moleculare Vorgang, durch welchen eine solche Trennung und Fortführung bei den Körpern stattfindet, noch im Unklaren, und gesetzt, es gelänge uns mit Hülfe der KEPLER'schen Theorie alle wesentlichen Phänomene an den Cometen auf so einfache und allgemein bekannte Processe zurückzuführen, so würde es dann zur vollständigen Befriedigung des Verstandes noch erforderlich sein, auch jene molecularen Vorgänge zu erklären.

Ein Verstand von der Qualität des KEPLER'schen ist sich aber auch dieser Nothwendigkeit vollkommen bewusst, wie dies aus folgenden Worten hervorgeht, welche die Zahl der oben für die auflockernde Wirkung der Sonnenstrahlen angeführten Analogien noch um eine andere vermehrt:

»*So ist bekandt, dass die Sonne die dicke Nebel verzehre, zertreibe und discutire, welches Exempel sich auff der Cometen-Materi besser reimet, wie wol wir nicht gewiss, was massen ein Nebel von der Sonnen zu nicht gemacht werde.*«

Lässt man nun aber die Ursachen dieser molecularen Vorgänge unbeachtet, und geht einfach von der Beschaffenheit ihrer Wirkungen als einer beobachteten Thatsache aus, so erklärt sich der von der Sonne abgewandte Schweif, seine Krümmung, seine Entwickelung mit einer Geschwindigkeit von der Ordnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, und, wie sich zeigen wird, noch viele andere Erscheinungen der Cometen mit einer solchen Einfachheit

und Leichtigkeit, dass man, ohne Kenntniss der Interferenzerscheinungen des Lichtes, die Cometenphänomene als einen Beweis für die Emanations-Theorie des Lichtes betrachten müsste.

Bezüglich der Worte, in welchen KEPLER diese Erklärung giebt und ganz in derselben Weise wie später OLBERS die Annahme begründet, dass die Theilchen der Schweifmaterie nothwendig von dem Kerne ausgehende, materielle Partikeln sein müssten, erlaube ich mir den Leser auf die betreffende Stelle in meiner Abhandlung (p. 133) zu verweisen.

Ich reproducire hier noch einmal diejenige Stelle, in welcher KEPLER die materielle Natur des Schweifes im Allgemeinen betont, um hieran eine psychologische Bemerkung zu knüpfen. Diese Stelle lautet also:

»*Denn es unmöglich, dass der Sonnenstraalen sonst solten in der klaren reinen himlischen Lufft hinder dem Cometen sichtbar werden, wenn sie nicht eine Materi hätten, darein sie fielen, wie bei uns der Sonnenschein ninders gesehen kann werden, es sei denn etwas fürhanden, darein er sich legt, als Wände, Kleyder, Wasser, Erdreich, Wolken, Nebel oder dicke Luft.*«

Beachtet man die Heterogenität und Häufung der an dieser Stelle wieder angeführten Analogien, und vergleicht sie mit den oben für die auflösende Kraft der Sonnenstrahlen gebrauchten, so ist man überrascht über die grosse Verschiedenartigkeit, welche sonst die aufgezählten Phänomene darbieten. In der That, das Entstehen eines Cometen mit demjenigen eines Krautes oder Fisches, die Materie desselben bezüglich ihres Verhaltens zum Licht mit den Farben in leinenen Tüchern, Wänden oder Kleidern zu vergleichen, — hierin ist eine gewisse bewusste oder unbewusste Absichtlichkeit nicht zu verkennen.

Ganz dieselbe Erscheinung findet man bei NEWTON! Seine vier »*regulae philosophandi*«, unter deren Voraussetzung er die Nothwendigkeit der Hypothese von der allgemeinen Gravitation begründet, erläutert er durch Beispiele, bei denen man ganz dieselbe Häufung und scheinbare Heterogenität der Analogien wie oben bei KEPLER wiederfindet.

So sagt z. B. NEWTON:

»*Effectuum naturalium ejusdem generis eaedem assignandae sunt causae quatenus fieri potest. — Uti*

respirationis in homine et in bestia, descensus lapidum in Europa et in Amerika; lucis in igne culinari et in sole; reflexionis lucis in terra et in planetis.»[1])

Bereits in meinen »photometrischen Untersuchungen« p. 207 habe ich auf den letzten Vergleich zwischen dem Feuer auf dem Heerde und der Sonne mit folgenden Worten aufmerksam gemacht:

»Indem NEWTON der Licht- und Wärmeentwickelung der Sonne dieselbe Ursache wie dem trivialen Küchenfeuer auf dem Heerde vindicirt, beabsichtigt er offenbar gerade durch das Drastische dieses Vergleiches die Allgemeinheit und Ausnahmslosigkeit deutlich zu machen, in welcher er seine *regulae philosophandi* auf alle Erscheinungen der sichtbaren Welt angewandt wissen will.«

Woher kommt nun diese Uebereinstimmung in der Ausdrucksweise zweier so hervorragender und congenialer Männer? Ich glaube daher, dass die unbewussten und bewussten Verstandesoperationen sehr hoch und zweckmässig organisirter Köpfe ebenso übereinstimmen müssen, wie die Harmonien zweier vollkommen richtig gestimmter Instrumente.

Wenn in der That der ganze Erkenntnissprocess in der Welt nur einem Bedürfnisse des Verstandes entsprungen ist und durch die noch nicht erfolgte Befriedigung dieses Bedürfnisses in stetem Fluss erhalten wird, so müssen diejenigen Verstandesoperationen, welche jenes Bedürfniss mit den möglichst geringsten Mitteln am vollkommensten befriedigen, in ähnlicher Weise übereinstimmen, wie die Linien, welche dieselben Puncte auf dem kürzesten Wege mit einander verbinden sollen.

Das Geflissentliche in der Wahl scheinbar so heterogener Beispiele zur Erläuterung der aufgestellten Sätze ist bei KEPLER und NEWTON nichts anderes als der Ausdruck jener stark entwickelten Fähigkeit des Verstandes, in der Mannigfaltigkeit die Einheit, und in der einzelnen Erscheinung den Typus der Gattung wieder zu erkennen, eine Fähigkeit, welche übereinstimmend von PLATON[2]) und KANT[3]) als die erste Bedingung für jedes fruchtbare Philosophiren hingestellt worden ist.

1) NEWTON, Principia phil. nat math. Lib. III. p. 2.
2) PLATON, Phileb. p. 219—223. Politic. 62. 63. Phaedr. 361—363.
3) KANT, Kritik der reinen Vernunft, Anhang zur transs. Dialektik.

Indem ich nach dieser Abschweifung wieder zur Cometentheorie KEPLER's zurückkehre, sei es mir nur noch gestattet, hier diejenigen Worte mitzutheilen, in denen er die Ursachen mehrfacher und nicht in die Richtung der Sonnenstrahlen fallender Schweife vom Standpuncte seiner Theorie erläutert; es sind die folgenden Worte:

»*Hieraus* (nämlich aus der Beschaffenheit des Kernes) *kan auch die Ursache ersehen werden, warumb etlicher Cometen Schwäntze, die an ihnen selber eine gerade Strecke haben, mit derselben gantzen Strecke ein klein wenig von der Oppositione Solis abweichen, nemlich weil die Cometenkugel durchsichtiger Art, und aber bekantlich, dass der gerade Lichtstralen Schüsse sich in dergleichen Superficiebus brechen und aus einer Lini zwo werden, nachdem solche superficies äusserlich geformiret dem einfallenden Licht entgegengestellet seynd. In massen denn etliche Cometen getheilte Schwäntze haben, so auch hierher zu referiren, und jeder solcher Schwäntze aus seines Theils superficie (die etwa ungleich gebogen) und den drinnen gebrochenen Sonnenstralen verursacht wird und herfliesset.*«

Also überall die Spuren desselben Scharfsinnes, welchen wir bei der Entdeckung der drei grossen Bewegungsgesetze unseres Sonnensystems noch heute bewundern!

Ich bemerke nun, dass die Theorie KEPLER's sich ganz ungezwungen dergestalt erweitern liesse, dass man alle die von OLBERS und BESSEL beobachteten Erscheinungen und auch das Selbstleuchten daraus mit Leichtigkeit erklären könnte, wenn man sich zur Annahme der Emanationstheorie des Lichtes verstehen wollte. In der That würde unter dieser Voraussetzung mit Benutzung des Verdampfungsprocesses die Ableitung aller Erscheinungen genau mit den durch meine Theorie bedingten Erklärungen übereinstimmen, ohne dass man genöthigt wäre, der Sonne eine electrische Repulsion beizulegen.

Es folgt hieraus, dass, wenn aus irgend welchen Gründen die Undulationstheorie durch die Emanationstheorie jemals wieder verdrängt und die wesentlichsten der bis jetzt bekannten Erscheinungen der Cometen nicht durch neue Beobachtungen erweitert werden sollten, die KEPLER'sche Theorie an Stelle der meinigen treten müsste, weil alsdann zur Erklärung der Repulsion der Sonne bereits die Eigenschaften des Lichtes ausreichten.

Ich hoffe durch die hier beendigte Analyse der Cometentheorie von KEPLER bewiesen zu haben, dass dieselbe in vollkommenster Weise allen denjenigen Anforderungen genügt, welche man nach den Principien der Erkenntnisstheorie an jede Hypothese zu stellen berechtigt ist. Gleichzeitig ist hiermit ein objectiver Massstab zur Beurtheilung für die Qualität der Verstandesoperationen eines KEPLER im Vergleiche zu denjenigen eines TYNDALL gefunden worden.

8. *Resultate der bisherigen Untersuchung und fernere Probleme.*

Den wesentlichen Gegenstand der bisherigen Untersuchungen bildeten zwei Puncte bei der TYNDALL'schen Cometentheorie. Der erste bezog sich mit Berücksichtigung des Inhaltes auf den Ort und die Zeit ihres Erscheinens, — der andere, ohne Rücksicht auf ihre Beziehung zu den Resultaten früherer Arbeiten, lediglich auf ihre formale oder logische Vollendung.

Als Resultate dieser Untersuchung haben sich die beiden folgenden ergeben:

1. Herr TYNDALL hat Kenntnis von der Existenz einer Arbeit BESSEL's »über die physische Beschaffenheit des HALLEY'schen Cometen«, denn er motivirt den Muth, dessen er zur Veröffentlichung seiner Cometentheorie bedarf, durch eine Stelle der BESSEL'schen Arbeit, in welcher letzterer sein Bedauern über den Mangel eines theoretischen Versuches von der Art seines eigenen ausspricht.

Da nun die ganze Arbeit von BESSEL wesentlich in nichts Anderem besteht, als darin, zwei schon früher von OLBERS beim grossen Cometen von 1811 erhaltene Resultate auch beim HALLEY-schen Cometen mit umfassenderen Hülfsmitteln zu bestätigen, diese Resultate aber gerade das directe Gegentheil von den Annahmen der TYNDALL'schen Theorie enthalten, so hat Herr TYNDALL die Arbeit BESSEL's weder angesehen noch das Bedürfniss empfunden, sich mit dem Inhalt derselben bekannt zu machen.

2. Da eine jede Hypothese dem Bedürfnisse unseres Verstandes entspringt, die unbekannten Ursachen einer Erscheinung auf bekannte zurückzuführen, so muss eine Hypothese, soll sie nicht zwecklos sein, die Zahl der unbekannten Ursachen mindestens um

eine vermindern. Die TYNDALL'sche Theorie ist aber zur Erklärung der zwei Hauptphänomene eines Cometen zur Annahme von nicht weniger als vier neuen, und viel schwerer begreiflichen Ursachen gezwungen, so dass sie die Zahl der Unbekannten nicht nur nicht um eine vermindert, sondern auf das Doppelte erhöht. Folglich sind die zu jener Hypothese angewandten Verstandesoperationen in hohem Grade unzweckmässig.

Wir haben es also hier mit zwei aus Beobachtungen abgeleiteten Erscheinungen zu thun. Dieselben müssen daher auch wie alle Lebensäusserungen ein und desselben Organismus sowohl in dem Wesen des letzteren als auch in der Beschaffenheit seiner Umgebung oder der Aussenwelt durch bestimmte Ursachen bedingt sein.

Ich stelle mir die Aufgabe, diese Ursachen in Folgendem zu ermitteln.

Die erste Frage, welche sich uns bei dieser Untersuchung darbietet, besteht darin, zu entscheiden, ob die beiden oben festgestellten Thatsachen sich nicht auf ein und dieselbe Eigenschaft des handelnden Individuums zurückführen lassen. Gelingt eine solche Zurückführung, so wird die folgende Untersuchung nur festzustellen haben, wie sich jene, den beiden Erscheinungen gemeinsame, Eigenschaft mit Berücksichtigung der Einflüsse der Zeit und Umgebung entwickelt hat.

Die beiden oben ermittelten Thatsachen unterscheiden sich zunächst in formaler Beziehung dadurch, dass die erste eine Handlung oder vielmehr eine That, die zweite eine Eigenschaft der handelnden Person ist. Da nun aber unsere Handlungen nichts anderes als eine bestimmte Classe von Erscheinungen sind, in welchen sich unsere Eigenschaften manifestiren, oder mit andern Worten, da die Eigenschaften handelnder Wesen zu ihren Handlungen im Verhältnisse von Ursache und Wirkung stehen, so fragt es sich, ob die erste der ermittelten Thatsachen, nämlich die Handlungsweise, sich nicht auf die zweite Thatsache, nämlich die mangelhafte Verstandesthätigkeit zurückführen lässt.

9. *Der Ursprung und die practische Bedeutung des Verstandes.*

Alle Lebensäusserungen lebendiger Organismen entwickeln sich unter dem Einflusse der Lust und Unlust, welche diese Aeusserungen theils unmittelbar begleiten, theils ihnen später als nothwendig bedingte Wirkungen folgen. Je niedriger ein Organismus auf der Stufenleiter der successiven Entwickelung steht, desto enger ist, dem Raume und der Zeit nach, der Kreis von Erscheinungen abgegrenzt, welchen er beim Kampfe um's Dasein für seine Zwecke zu berücksichtigen hat.

Dem entsprechend stehen die Lebensäusserungen niedriger Organismen nur unter dem Einflusse des Reizes, als einer Wirkung, welche räumlich auf die gereizte Stelle, zeitlich nur auf die Gegenwart des Reizes beschränkt ist. Entwickelt sich aber der Organismus unter dem Einflusse der natürlichen Züchtung zu höheren Formen, so werden die Beziehungen zur Aussenwelt mannigfaltiger und complicirter, sowohl in Beziehung auf das Wohl des Individuums, als auch in Beziehung auf das Wohl anderer Individuen. Soll daher überhaupt unter dem Einflusse dieser complicirten Beziehungen das Wohl und die Integrität des Individuums zur Erreichung bestimmter Zwecke gewahrt bleiben, so müssen auch die Regulatoren der Lebensäusserungen, die auf einer tieferen Stufe durch Reize Lust- und Unlustempfindungen auslösen, complicirter und vollständiger werden. Diesem Bedürfnisse entsprechend stellt sich der Verstand ein, welcher die empfundenen Reize auf Ursachen ausserhalb des empfindenden Subjectes bezieht und sich auf diese Weise eine Aussenwelt aufbaut, durch welche er den Kreis der zu berücksichtigenden Einflüsse bezüglich des eigenen Wohles räumlich und zeitlich erweitert. Der Verstand vermittelt auf diese Weise die Wahrnehmung von Naturerscheinungen zum Zwecke der practischen Orientirung des Individuums. Durch unbewusste Schlüsse wird auf Grundlage zahlreicher Beobachtungen das Resultat gleichzeitig wahrgenommener und wirkender Ursachen der Zeit und dem Raume nach anticipirt, und durch die hiermit verbundene Lust- oder Unlustempfindung das Individuum vor Gefahren gewarnt, welche theils aus Veränderungen des eigenen Körpers, theils aus solchen in der Aussenwelt hervorgehen. Tritt nun endlich auf der höchsten Stufe

der organischen Entwickelung ein Individuum nicht nur den Erscheinungen im engeren Sinne, sondern zugleich den Handlungen selbstbewusster Wesen gegenüber, mit denen es zur Erreichung gemeinsamer Zwecke zu leben und demgemäss auch deren Handlungen bei den eigenen zu berücksichtigen hat, so müssen bei derartigen Wesen auch wiederum die Regulatoren dieser neuen Classe bewusster Lebenserscheinungen vervollkommnet werden. Hierzu reicht eine Vervollkommnung der unbewussten Verstandesoperationen aus, indem sich dieselben in Folge tausendfacher Beobachtungen durch viele Generationen hindurch daran gewöhnen, die Folgen einer *Handlung* zu anticipiren. Auch hier muss sich wiederum, wie bei den früheren Stadien der Entwickelung, mit dieser unbewussten Anticipation der Folgen einer Handlung, soll diese Anticipation einen practischen Werth haben, eine Empfindung der Lust oder Unlust einstellen. Wir bezeichnen diese Classe von Empfindungen mit den Worten: Scham und sittliche Freude. Handlungen, welche die erste Empfindung erregen, sind nach der bisherigen Darstellung nothwendig unzweckmässige, dagegen die der letzten Empfindung zweckmässige, sei es für das handelnde Individuum oder für die Gesammtheit anderer Individuen, mit denen ersteres zur Förderung und Erreichung eines bestimmten Zweckes verbunden ist. Von diesem Standpuncte aus wird also den sogenannten »unbewussten Schlüssen«, welche sich in der Theorie der Sinneswahrnehmungen so fruchtbar erweisen, auch das Gebiet der moralischen Empfindungen erschlossen, auf welchen sie sich, wie ich fest überzeugt bin, nicht minder fruchtbar für die Erklärung der hier zu betrachtenden Erscheinungen als im Bereiche der Wahrnehmungen erweisen werden.

Sittliche Freude und Scham, gutes und böses Gewissen sind also im Dienste einer immanenten Zweckmässigkeit der Natur die durch natürliche Züchtung entstandenen Regulatoren solcher Naturerscheinungen, welche wir bei selbstbewussten Wesen mit dem Namen *Handlungen* bezeichnen.

Je reicher daher in einem Wesen die Anlagen und Bedingungen zu dieser Reaction der sittlichen Empfindungen entwickelt sind, desto zweckmässiger werden auch die Handlungen desselben sein müssen.

Dies ist der Gesichtspunct, von welchem ich gleich am Eingange meiner Untersuchungen, den Ursprung und die practische Bedeutung des wissenschaftlichen Gewissens ableitete. Auch dieses steht wie das moralische im Dienste der immanenten Zweckmässigkeit eines Complexes zusammenwirkender Ursachen. Jeder Arbeiter auf dem Gebiete der Wissenschaft bekennt sich bewusst oder unbewusst zur Gemeinschaft derjenigen, welche bestrebt sind durch ihre Thätigkeit den Process der Erkenntniss zu fördern, und die bisher in Form einer Wissenschaft angesammelten Schätze von begriffenen Erscheinungen um neue zu bereichern. Da es nun offenbar eine nutzlose Verschwendung von Kraft wäre, eine bereits begriffene Erscheinung noch einmal als eine erst zu begreifende zu behandeln und zur Vermeidung einer solchen Wiederholung die Kenntniss der bereits begriffenen Phänomene im Allgemeinen für jeden Arbeiter eine absolut nothwendige Bedingung ist, so stellt sich bei der Entdeckung von der Nutzlosigkeit oder Zweckwidrigkeit einer solchen Arbeit ganz instinctiv das Gefühl einer Beschämung ein, eine Empfindung, welche ihrer Qualität nach vollkommen übereinstimmt mit dem moralischen Schamgefühle, welches nach einer Handlung eintritt, deren natürlicher Zweck ein anderer als das mit Ausübung derselben verbundene Lustgefühl des handelnden Menschen ist. Die Scham tritt daher hier erst nach dem Verschwinden des Reizes ein. Dieses Verschwinden des Reizes ist die Prämisse, aus welcher mit Hülfe eines unbewussten Schlusses der Verstand die Conclusion der Zweckwidrigkeit der Handlung ableitet.

Nach dieser Abschweifung kehre ich nun wieder zur Untersuchung der Frage zurück, in wie weit die erste der an Herrn Tyndall beobachteten Erscheinungen, nämlich die Nichtberücksichtigung der ihm ihrer Existenz nach bekannten Arbeit Bessel's, auf die zweite Erscheinung, nämlich die Eigenschaft mangelhafter Verstandesoperationen, zurückgeführt werden kann.

Nach den vorher angestellten Erörterungen erledigt sich gegenwärtig diese Frage von selbst. Denn wenn ich mir die Annahme erlaube, dass es Herrn Tyndall nicht gleichgültig ist, durch die vorliegenden Thatsachen von der Nutzlosigkeit der von ihm zur Aufstellung seiner Cometentheorie verwandten Geistesarbeit überzeugt zu werden, so ist seine Handlungsweise offenbar nichts

anderes, als die Folge einer mangelhaften Fähigkeit des Verstandes, die möglichen Folgen aus gegebenen Ursachen abzuleiten. Man nennt diese Fähigkeit des Verstandes bekanntlich Vorsicht, und Handlungen, bei welchen diese Fähigkeit nicht in genügender Weise zur Anwendung kommt, unvorsichtige Handlungen. Unter der gemachten Annahme der nachträglich entwickelten Unlustempfindung wären also beide Erscheinungen als Wirkungen eines unvollkommen operirenden Verstandes aufzufassen.

Sollte die hierbei gemachte Hypothese jedoch eine unrichtige sein, und vielmehr umgekehrt, die Mangelhaftigkeit der Verstandesoperationen aus der Gleichgültigkeit gegen derartige Unlustempfindungen als Regulatoren für die Zweckmässigkeit unserer Handlungen entsprungen sein, dann allerdings müssten noch weitere Thatsachen ermittelt werden, welche diese Anschauungsweise des Causalnexus bestätigten und auf tiefer liegende Ursachen einer derartig qualificirten Empfindungsarmuth zurückführten. Die Wahrheit liegt vielleicht auch hier, wie gewöhnlich, in der Mitte; indessen begnüge ich mich, wenigstens die Beziehungen beider Erscheinungen nachgewiesen, und bei Annahme der ersten Hypothese die Möglichkeit der Zurückführung der ersten auf die zweite der beobachteten Thatsachen dargelegt zu haben.

10. *Die Ideenassociationen Tyndall's bei der Conception und Entwickelung seiner Cometentheorie.*

Die nächste Aufgabe der folgenden Untersuchung würde nun also darin bestehen, die Ursachen zu ermitteln, durch welche die Operationen eines von der Natur normal und zweckmässig angelegten Verstandes zu unzwekmässigen Leistungen in Form von Handlungen oder Gedankenverbindungen verleitet werden können.

Ehe ich zur Untersuchung dieser Frage übergehe, will ich zunächst die Ideenassociationen darlegen, welche Herrn TYNDALL bei der Conception seiner Cometentheorie geleitet haben. Dass diese Associationen überhaupt möglich waren, wird als dritter Beleg für die mangelnde Schärfe der Verstandesthätigkeit betrachtet werden können.

Der erste Impuls, welchen Herr TYNDALL zum Aufbau seiner

Theorie empfing, war offenbar ein rein äusserlicher. Er lässt in einem verfinsterten Zimmer ein Bündel paralleler Lichtstrahlen der Länge nach durch eine mit Glasplatten verschlossene Glasröhre fallen. Das Innere der Röhre war sorgfältig luftleer gemacht und nur mit Spuren eines Dampfes erfüllt, welcher sich durch Einwirkung des Lichtes zersetzt. Beim Beginn der Durchstrahlung bleibt das Innere der Röhre zunächst vollkommen dunkel, aber schon nach wenigen Minuten beginnt die Bildung einer anfangs zarten Wolke, welche bei sonderbarer Gestaltung[1]) immer intensiver im reflectirten Lichte strahlt, so dass es kaum glaublich erscheint, eine so geringe Quantität von Materie könne eine so grosse Menge von Licht reflectiren. Die Wolke ist vollkommen durchsichtig, das Licht einer Kerze erblickt man durch dieselbe betrachtet in den schärfsten Contouren, — alles Eigenschaften, welche auch den Cometen-Schweifen zukommen. Berücksichtigt man aber die Dicke der hierbei in Betracht kommenden Schichten und vergleicht sie mit der Dicke der von TYNDALL angewandten Experimentirröhren, so ist klar, dass die Dichtigkeit der Cometenmaterie im Schweife ungefähr im umgekehrten Verhältnisse dieser Dicken stehen müsste, wenn sie bezüglich ihrer Helligkeit mit der actinischen Wolke übereinstimmen sollte. Es folgt hieraus, dass mit Berücksichtigung der Dicke der strahlenden Schichten durchaus kein Grund vorliegt, weshalb nicht auch jeder andere Dampf oder jedes andere Gas vermöge seines Reflexionsvermögens die Helligkeit eines Cometen-Schweifes besitzen könnte. Herr TYNDALL hat sich offenbar ohne Berücksichtigung dieser räumlichen Verhältnisse nur durch den äusseren Schein in der Aehnlichkeit einer actinischen Wolke und eines Cometen-Schweifes bestimmen lassen, für beide Erscheinungen dieselben Ursachen vorauszusetzen.

Doch nun fragt es sich, durch welche Ideenassociationen ist Herr TYNDALL auf den wunderbaren Gedanken des calorischen Schattens hinter dem Kopfe des Cometen gekommen, mit dessen Hülfe er die Phänomene des Schweifes erklärt. Zur Beantwortung dieser Frage giebt uns Herr TYNDALL selber alles nur

---

1) »The development of the cloud was like that of an organism, from a more or less formless mass at the commencement, to a structure of a marvellons complexity. ·I have seen nothing so astonishing as the effect obtained, on the 28th October, with hydriodic acid.« Proceedings of the Royal Society Vol. XVII. p. 102.

wünschenswerthe Material, indem er wörtlich die betreffenden Stellen aus dem populären astronomischen Werke Sir JOHN HERSCHEL's »*Outlines of Astronomy*« (5. Edition p. 379 ff., 383) anführt, welche die ganze Schwierigkeit des Cometenproblems in poetisch-mystischer Weise schildern, und jedenfalls dazu beitragen sollten, beim Vortrage der Cometentheorie den dazu aufgewandten Scharfsinn in ein desto helleres Licht zu stellen.

Die Worte TYNDALL's vor der Versammlung der philosophischen Gesellschaft in Cambridge am 8. März 1869 waren bezüglich des erwähnten Punctes die folgenden:

> (p. 684 ff.) »Sie wissen ohne Zweifel, welche schrecklichen Schwierigkeiten die Cometentheorie umlagern. Der Comet, den NEWTON 1680 beobachtete, schoss in zwei Tagen einen Schweif von 60 Millionen Meilen aus. Der Comet von 1843 schoss, wenn ich mich recht erinnere, in einem einzigen Tage einen Schweif, der 100 Grade des Himmels deckte. Diese ungeheure Ausdehnung von wolkiger Masse soll im Kopf des Cometen erzeugt werden und durch eine geheimnissvolle abstossende Kraft der Sonne rückwärts hinausgetrieben werden. BESSEL erfand eine Art magnetischer Polarität und Abstossung, die dies erklären sollte.«

Ehe ich in der Anführung der Worte TYNDALL's weiter fortfahre, mag es mir gestattet sein, einige Bemerkungen über den letzten Satz zu machen, in welchem die — Leichtfertigkeit des Herrn TYNDALL ihren Culminationspunct erreicht. Nicht genug, dass er die Arbeiten eines ernsten und gewissenhaften Forschers ersten Ranges, von deren Existenz er unterrichtet ist, ignorirt, schiebt er diesem Manne Dinge unter, die dessen Verstande zur Schande gereichen. Der Leser wird sich aus der vorstehend mitgetheilten Arbeit Bessel's mit Leichtigkeit überzeugen, dass es diesem nicht entfernt in den Sinn gekommen ist, zur Erklärung der von der Sonne »rückwärts hinaus getriebenen« Schweifmaterie eine »Art magnetischer Polarität« zu »erfinden«, sondern dass er die pendelartigen Schwingungen des Kernes und seiner Ausströmungsöffnung durch die Annahme einer Kraft zu erklären versuchte, welche, wie der Pol eines Magneten, auf das eine Ende einer Magnetnadel anziehend auf das andere abstossend wirkt. Erst am

Schlusse versucht BESSEL die a b s t o s s e n d e Kraft der Sonne als eine Aeusserung derselben Kraft darzustellen, welche den Kern polarisirt.

Herr TYNDALL fährt alsdann mit Citaten aus HERSCHEL'S »*Outlines*« folgendermassen fort:

»*Es ist klar*«, sagt Sir JOHN HERSCHEL, »*d a s s w e n n w i r h i e r ü b e r h a u p t m i t S t o f f z u t h u n h a b e n , w i e w i r i h n u n s v o r z u s t e l l e n p f l e g e n , n ä m l i c h m i t T r ä g h e i t b e g a b t , so muss er unter dem Einfluss von Kräften stehen, die unvergleichlich viel stärker und ganz anderer Natur als die Schwerkraft sind.*«

An einer andern Stelle drückt er die Schwierigkeiten des Gegenstandes in folgenden bemerkenswerthen Worten aus:

»*Ohne Zweifel hängt die Bildung ihrer Schweife mit einem tief geheimnissvollen Räthsel der Natur zusammen. Vielleicht hofft man nicht zu viel, wenn man erwartet, dass spätere Beobachtungen mit gleichzeitiger Benutzung aller Hülfe, welche die auf den allgemeinen Fortschritt der Naturwissenschaft gegründeten theoretischen Ueberlegungen gewähren können, (hauptsächlich diejenigen Zweige derselben, die sich auf die ätherischen oder unwägbaren Elemente beziehen), uns in nicht langer Zeit in den Stand setzen werden, dies Geheimniss zu ergründen und zu erkennen, ob es wirklich S t o f f im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist, was mit solcher übermässigen Schnelligkeit aus ihren Köpfen ausgetrieben wird und in seinem Lauf durch eine Beziehung zur Sonne als dem zu fliehenden Puncte, wenn auch nicht gerade getrieben, so doch g e l e i t e t wird. Diese Frage über die Körperlichkeit des Schweifes tritt uns niemals eindringlicher entgegen, als bei der Betrachtung jener ungeheuren Schwenkung, welche er zur Zeit seiner S o n n e n n ä h e um die Sonne macht, wobei er sich gleich einem geraden, unbiegsamen Stabe, dem Gesetz der Schwere, ja sogar den allgemeinen Gesetzen aller Bewegung zum Trotz von der unmittelbaren Nähe der Sonnenoberfläche bis zu der Erdbahn erstreckt (wie wir es bei den Cometen von* 1680 *und* 1843 *gesehen haben) und doch herumwirbeln lässt, ohne zu zerreissen, und zwar, wie im letzteren Falle, um einen Winkel von* 180° *in wenig mehr als zwei Stunden. Es scheint ganz unglaublich, dass es in solchem Falle ein und derselbe körperliche Gegenstand sein sollte, der diese Schwenkung machte.*

»(Ich möchte den Leser bitten, in Hinsicht auf die folgende

Theorie diesen Worten besondere Aufmerksamkeit zu schenken. J. TYNDALL.)« *Wenn man sich etwas, wie einen negativen Schatten vorstellen könnte, eine momentane Wirkung auf den leuchtfähigen Aether hinter dem Cometen, so würde dies einigermassen der Idee entsprechen, die solches Phänomen unwiderstehlich wachruft.«*

Wie man sieht, hat uns Herr TYNDALL in diesen Worten mit dankenswerther Offenheit den geheimen Faden seiner Ideenassociationen blosgelegt, an dem er sich, wie Theseus am Faden der Ariadne, aus dem Labyrinthe der Cometenphänomene herauszufinden suchte.

Es ist nicht zu leugnen, dass die Worte Sir JOHN HERSCHEL's über die physische Beschaffenheit der Cometen ein gewisser geheimnissvoller und mystischer Hauch durchweht, der auf ein mit lebhafter Phantasie begabtes Gemüth einen tiefen Eindruck zu machen geeignet ist. Herr TYNDALL besitzt nun in der That eine solche leicht erregbare Phantasie und Einbildungskraft, aus welcher er nicht nur die Erfolge seiner practischen Leistungen im Gebiete der Wissenschaft abzuleiten geneigt ist, sondern über deren hohe wissenschaftliche Bedeutung er auch seinen Anschauungen in einem besondern Vortrage vor der »*British Association in Liverpool*« am 16. September 1870 in beredten Worten Ausdruck verliehen hat. Dieser Vortrag ist in Gemeinschaft mit noch vielen anderen in einem stattlichen Buche zu finden, welches durch den Titel »*Fragments of Science for unscientific People*«[1]) die darin enthaltenen Fragmente durch ein gemeinsames Band verknüpfen soll. Bis jetzt ist der Genuss dieser Lectüre nur dem mit der englischen Sprache vertrauten Leser gestattet; da indessen bereits seit jenem am 16. September vorigen Jahres gehaltenen Vortrage, (zu dessen Druck und Redaction doch auch eine bestimmte Zeit erforderlich war,) schon eine ganze Auflage vergriffen ist, und auf dem mir vorliegenden Exemplare »*Second Edition*« steht, so kann sich das »*unscientific People*« in Deutschland der zuversichtlichen

---

1) Fragments of Science for unscientific People: a Series of detached Essays, Lectures and Reviews. By JOHN TYNDALL. LL.D. F.R.S. Second Edition. London 1871. (449 Seiten.)

Hoffnung hingeben, dass ihm schon in ganz kurzer Zeit das Bedürfniss zur Bereicherung seines Wissens durch eine deutsche, schön ausgestattete Uebersetzung jenes interessanten Buches von TYNDALL befriedigt werden wird.

In dem oben angeführten Vortrage »*On the scientific use of the Imagination*« stellt Herr TYNDALL (p. 131) den folgenden Satz auf:

»*Bounded and conditioned by cooperant Reason, imagination becomes the mightiest instrument of the physical discoverer.*«

Ich unterschreibe diesen Satz des Herrn TYNDALL aus vollster Ueberzeugung, zweifle aber ebensowenig daran, dass Herr TYNDALL und mit ihm alle Naturforscher die folgende Antithese jenes Satzes vielleicht mit noch grösserer Bereitwilligkeit unterschreiben werden. Dieselbe würde in der Muttersprache des Herrn TYNDALL etwa folgendermassen lauten:

»*Not bounded and not conditioned by cooperant Reason, imagination becomes the most destructive instrument of the physical discoverer.*«

Herr TYNDALL und ich sind also jedenfalls bezüglich der Wahrheit dieser beiden Sätze vollkommen miteinander einverstanden; die Abweichung unserer Ansichten besteht nur darin, dass Herr TYNDALL sich einbildet, uns durch seine Arbeiten und die Art seines Auftretens ein glänzendes und nachahmenswerthes Beispiel für den ersten Satz zu liefern, ich dagegen die Ueberzeugung hege, dass er uns ein lehrreiches aber zugleich abschreckendes Beispiel für den zweiten Satz liefert.

Es sei dem Leser überlassen, sich durch eine aufmerksame Vergleichung der einzelnen Sätze der Cometentheorie des englischen Physikers mit den angeführten Worten HERSCHEL's davon zu überzeugen, dass die ganze Gedankenarbeit des Herrn TYNDALL bei der Entwickelung seiner Theorie wesentlich in nichts Anderem bestanden hat, als in der Arbeit eines Uebersetzers, welcher die offenbar nur symbolisch zu interpretirenden Sätze HERSCHEL's in's Actinische zu übersetzen bemüht ist.

Mit welcher wahrhaft sclavischen Treue aber Herr TYNDALL bei diesem Geschäft seine Aufgabe erfasst hat, und mit welcher naiven Sorgfalt er überall dort, wo ihm eine ganz besonders schöne Uebertragung eines Begriffs gelungen zu sein scheint, den Leser durch

eine besondere Hindeutung auf die Vollkommenheit seiner Uebersetzung aufmerksam macht, dafür sei es mir gestattet, hier noch ein paar Belege zu geben.

In den »*Outlines of Astronomy by Sir John Herschel*« 5. Ed. p. 373 und 374, wo von der geringen Dichtigkeit der Cometenmaterie in den Schweifen die Rede ist, kommt folgende Stelle vor:

»*It will then be evident that the most unsubstantial clouds which float in the highest regions of our atmosphere, and seem at sunset to be drenched in light, and to glow throughout their whole depth as if in actual ignition, without any shadow or dark side, must be looked upon as dense and massive bodies compared with the filmy and all but spiritual texture of a comet.*«

Offenbar auf diese Stelle Bezug nehmend, bemerkt Herr Tyndall in der Einleitung zu seiner Cometentheorie, wo er von der Entstehung und dem Aussehen der actinischen Wolken spricht (a. a. O. p. 684) Folgendes:

»Nichts könnte jene »»geisterhafte Textur««, die Sir John Herschel einem Cometen zuschreibt, besser anschaulich machen, als diese actinischen Wolken.«

Gleich im ersten Satze seiner Theorie fühlt Herr Tyndall wieder das Bedürfniss, auf diese »Textur« aufmerksam zu machen, indem er jenen Satz mit den Worten schliesst:

»Die Textur der actinischen Wolken ist nämlich unleugbar die eines Cometen.«

Man sieht hieraus, welch' ein ungemeines Gewicht Herr Tyndall auf diese Gleichheit des äusserlichen, sinnlichen Eindruckes einer actinischen Wolke und eines Cometen legt. Dass im Gebiete der Sinneswahrnehmungen die Umkehr des Satzes:

Gleiche Ursachen haben gleiche Wirkungen

nicht gestattet ist, weil wir vermöge der räumlichen und zeitlichen Beschränkung unseres Körpers stets nur einen geringen Theil der von einem Objecte ausgehenden Wirkungen empfangen und wahrnehmen können, ist Herrn Tyndall gänzlich unbekannt, trotzdem allein durch diesen Umstand die Möglichkeit aller doch factisch vorhandenen Sinnestäuschungen bedingt ist.

Im vierten Satze der Theorie, welcher, wie wir sahen, eine mit dem Principe der Erhaltung der Kraft im Widerspruche stehende

Hypothese involvirte, treibt nun der »*negative Schatten*« Sir JOHN HERSCHEL's den entsetzlichsten Spuk. Der durch ein solches Gespenst beängstigte Verstand wird hierdurch in der natürlichen Ausübung seiner normalen Functionen gestört und um diesem auf die Dauer unerträglichen Zustande von Angstgefühl ein Ende zu machen, willigt er endlich ein, dass man ihm die Augen verbinde, um dann mit gebrochener Kraft seiner treuen Dienerin, der Hand, das eigene Verbannungsurtheil in folgenden Worten zu dictiren:

»Um zu erklären, dass Niederschlag hinter dem Kopf des Cometen, oder in dem Raume, wo des Kopfes Schatten liegt, eintritt, braucht man nur anzunehmen, dass die calorischen Strahlen der Sonne reichlicher vom Kopf und Kern absorbirt werden, als die actinischen Strahlen.«

Ist es nun nicht vollkommen begreiflich, dass die willenlose Sclavin eines so tief gedemüthigten Verstandes nach Ablauf eines Jahres auch noch die folgenden Worte niederschreibt?

»Es mag Cometen geben, deren Dampf sich nicht durch die Sonne zersetzen lässt, oder der sich, wenn zersetzt, nicht niederschlägt. Diese Ansicht eröffnet uns die Möglichkeit der Annahme von unsichtbaren Cometen, die durch den Raum wandern, vielleicht über die Erde fegen und ihren Gesundheitszustand beeinflussen, ohne dass wir sonst etwas von ihrem Vorübergehen merken.«

11. *Der Ursprung und die practische Bedeutung der Handlungen in ihrer Beziehung zu den Verstandesoperationen.*

Die letzten Untersuchungen über die Ideenassociationen TYNDALL's haben uns also mit einer dritten Classe von Erscheinungen bekannt gemacht, in denen sich die Unzweckmässigkeit der Verstandesoperationen äussert, so dass gegenwärtig die schon beim Beginne dieser Betrachtungen angedeutete Frage von Neuem aufgeworfen werden muss:

Weshalb können die zu bestimmten Zwecken entwickelten Fähigkeiten eines Individuums zu unzweckmässigen Handlungen benutzt werden?

Es bedarf nach den bisherigen Deductionen kaum noch der be-

sonderen Erwähnung, dass ich hier die Zwecke des Individuums vollkommen im Sinne DARWIN's als immanente auffasse, nicht als solche, die durch eine extramundane Intelligenz den handelnden Naturwesen eingepflanzt sind. Von diesem Gesichtspuncte aus sind die Functionen des Verstandes und der höheren intellectuellen und moralischen Fähigkeiten ebenso als den Bedürfnissen beim Kampfe um's Dasein entsprungen anzusehen, wie die Organe, deren sich dieselben bedienen müssen, um in der Aussenwelt Veränderungen hervorzurufen und dadurch überhaupt erst für das Naturganze practische Bedeutung zu erlangen.

Bereits in den Betrachtungen über den Ursprung und die practische Bedeutung des Verstandes (§. 9) habe ich auf die mit jeder Lebensäusserung eines Organismus verbundenen Empfindungen der Lust und Unlust hingewiesen. Nur durch den Wechsel dieser beiden Empfindungen werden auf den niedrigsten Entwickelungsstufen die Thätigkeitsäusserungen der Naturwesen bestimmt, entsprechend dem räumlich und zeitlich beschränkten Gebiete von Veränderungen, welche dieselben für die Zwecke ihres Daseins zu berücksichtigen haben. Entwickelt sich aber der Organismus unter dem Einflusse der natürlichen Züchtung zu höheren Lebensformen, so erweitert sich auch der Kreis der für sein Wohl und Wehe bedeutungsvollen Veränderungen in der Aussenwelt. Dem Bedürfnisse entsprechend, diese Veränderungen bei denjenigen des eigenen Körpers zu berücksichtigen, steigern sich auch die sensiblen und motorischen Organe sowohl ihrer Quantität als Qualität nach. In Uebereinstimmung hiermit sehen wir auf der Stufenleiter der organischen Wesen die Stärke der Sensibilität parallel mit der Höhe der Entwickelung wachsen. Folglich muss auch die Intensität der Lust- und Unlustempfindungen, welche sich vermöge jener Sensibilität mit jeder Thätigkeitsäusserung im Organismus verknüpft, mit der Höhe seiner Entwickelungsstufe wachsen. Erreicht dieselbe diejenige Höhe, bei welcher eine gewisse Classe von Veränderungen mit dem Namen »Handlungen« bezeichnet wird, so stehen dieselben ihrer Natur nach nicht mehr unter dem Einflusse der zeitlich auf die Gegenwart, räumlich auf einen bestimmten Ort des Organismus beschränkten Reize, sondern sie beziehen sich auf Veränderungen, die zeitlich

der Zukunft und räumlich einem oder mehreren Orten ausserhalb des Organismus des handelnden Individuums angehören.

Die Handlung ist also von diesem Gesichtspuncte aus in der That nichts anderes als eine quantitative Steigerung der Reaction auf Reize. Es ist selbstverständlich, dass jene mit Handlungen bezeichneten Lebenserscheinungen bei einem Naturkörper erst dann eintreten können, wenn sich unter dem Drucke des Bedürfnisses ein Organ entwickelt hat, vermöge dessen eine Causalreihe von einem, durch die Erfahrung gegebenen Gliede aus, nach rückwärts oder vorwärts eine gewisse Strecke verfolgt werden kann. Die Thätigkeitsäusserungen dieses Organes sind die »Verstandesoperationen«. Die Vollkommenheit derselben lässt sich nach der Grösse des Zeitraumes bemessen, bis zu welchem von einem bestimmten Zeitpuncte einer wahrgenommenen Veränderung aus die dadurch causal bedingten Veränderungen in die Zukunft oder Vergangenheit verfolgt und berücksichtigt werden können.

Aus dieser Betrachtung über den Ursprung und die Bedeutung der Handlungen ergiebt sich nun unmittelbar, dass jede Handlung, welche nicht auf zukünftige Veränderungen gerichtet ist, sondern auf die gleichzeitig mit ihrer Ausübung nothwendig verbundene Lustempfindung durch Reize, eine dem natürlichen Wesen und Zwecke der Handlung überhaupt widersprechende Lebensäusserung des Individuums sein muss.

Derartige Handlungen sind deshalb ihrem Wesen nach zweckwidrig, weil die Natur, nach dem Principe des kleinsten Aufwandes von Mitteln, alle diejenigen für das Wohl des Organismus nothwendigen Reactionen durch Reize bestimmt, welche überhaupt durch diese Art von Mitteln bestimmbar sind. Erst wenn sie mit diesen einfachen Mitteln nicht mehr ausreicht, greift sie zur Anwendung complicirterer Processe, die im vorliegenden Falle sich in Form von Handlungen manifestiren.

Da nun aber Lust- und Unlustempfindungen in der ganzen Natur die Lebensäusserungen aller Wesen bestimmen, so kann eine Handlung nur dadurch in Widerspruch mit ihrer natürlichen Bestimmung gerathen, dass die mit ihrer Ausübung verbundene und

durch Reize vermittelte Lustempfindung einen so hohen Grad erreicht, dass derselbe in der Vorstellung des handelnden Wesens als Motiv für die Handlung wird und dadurch die in der Zukunft liegenden Folgen der Handlung, welche naturgemäss das Motiv der Handlung sein sollten, überwältigt und aus der Vorstellung verdrängt. Der auf diese Weise irre geleitete Verstand kann natürlich erst nach der Ausübung einer so motivirten Handlung empirisch von dem Widerspruche überzeugt werden, in welchem dieselbe mit ihrem natürlichen Zwecke steht. Das Verschwinden des Lustgefühls nach Beendigung der Handlung ist für ihn die Prämisse, aus welcher er mit Hülfe eines unbewussten Schlusses die Zweckwidrigkeit der Handlung als Conclusion ableitet. Diese, durch den unbewussten Erkenntnissprocess herbeigeführte Wahrnehmung verbindet sich in uns mit dem Gefühle der Scham, welches als solches, durch natürliche Züchtung entwickelt, als Regulator für die Zweckmässigkeit und die Oeconomie der Lebensäusserungen selbstbewusster Organismen betrachtet werden kann. Alle diejenigen Handlungen, welche wir beim Menschen als unsittliche bezeichnen, müssen nach der entwickelten Theorie solche sein, die im angedeuteten Sinne als zweckwidrige zu bezeichnen sind.

Daher die Unsittlichkeit der Lüge und die Scham nach ihrer Entdeckung, als eines Widerspruches mit dem Zwecke der Sprache zur gegenseitigen Verständigung und Orientirung vernünftiger Wesen. Daher das Schamgefühl und die Möglichkeit unsittlicher Handlungen auf sexuellem Gebiete gerade auf der höchsten Entwickelungsstufe beim Menschen. Die Steigerung der durch Reize ausgelösten Lustempfindungen hat auf dieser höchsten Stufe der organischen Entwickelung einen solchen Grad erreicht, dass in der oben erwähnten Weise eine Irreleitung des Verstandes eintreten und dadurch eine ursprünglich im Dienste der wichtigsten Naturzwecke stehende Handlung für das Bewusstsein den Character der Zweckwidrigkeit erlangen kann. Die verschiedenen Grade der Unsittlichkeit werden hiernach durch die verschiedenen Grade der Zweckwidrigkeit mit Rücksicht auf die natürliche Bestimmung der Handlungen bemessen werden können.

In Folge der socialen Beziehungen der Menschen entwickeln sich aber, entsprechend den hierdurch erzeugten Bedürfnissen, im

Laufe der Zeiten besondere Zwecke, zu deren Erreichung die Gemeinschaft mehrerer Individuen erforderlich ist, und welche im Gegensatz zu den unbewussten natürlichen Zwecken als bewusste ideale Zwecke bezeichnet werden können. Es ist nun sehr bemerkenswerth, dass wir durch die Entwickelung idealer Zwecke in den Stand gesetzt sind, gleichsam das Entstehen neuer Schamgefühle als Regulatoren für zweckmässige Handlungen zu beobachten und dadurch die Richtigkeit der dargelegten Theorie zu prüfen. Qualitativ sind alle Erregungen des Schamgefühls ganz unabhängig von ihrem Inhalte und vollkommen übereinstimmend, nur der Grad ist ein verschiedener. Man erinnere sich z. B. an die Zeiten, wo beim Erlernen einer fremden Sprache ein grober, grammaticalischer Fehler dem Schüler durch ein Schamgefühl das Blut in die Wangen trieb, oder wie selbst der auf Bildung Anspruch machende Mensch sich durch die Entdeckung eines von ihm begangenen orthographischen Fehlers beschämt fühlen kann.

Das Verfolgen derartiger, von den Menschen selbst geschaffener, idealer Zwecke ist ebenfalls von den Gefühlen der Lust oder Unlust begleitet, je nachdem die Menschen sich hierbei in ihren Bestrebungen gefördert oder gehemmt fühlen. Gesteigert werden aber diese Empfindungen dadurch, dass sich nach Massgabe des erreichten Erfolges äussere Zeichen und secundäre Vortheile einstellen, die als solche den Zwecken der Handlungen fremd sind.

Es ist klar, dass wenn die durch jene äusseren Zeichen erzeugten Lustempfindungen einen hohen Grad erreichen, diese selbst an Stelle der ursprünglichen Zwecke der Handlungen treten können. Es findet dann hier ganz dasselbe wie bei den natürlichen Handlungen statt, nur dass an Stelle der dort durch accessorische Reize erzeugten Lustempfindungen die durch jene äusseren Zeichen der Anerkennung entwickelten Reize treten. So ist z. B. das Streben nach Erkenntniss der Wahrheit bei allen wissenschaftlichen Bemühungen, wenn dieselben vom Erfolge begünstigt sind, gegenwärtig mit äusseren Zeichen der Anerkennung und des öffentlichen Lobes verbunden, die mit dem Streben nach Wahrheit und dem hiermit verbundenen natürlichen Gefühle der Befriedigung gar nichts zu schaffen haben, sondern vermuthlich für den Empfänger häufig weit eher belästigend und störend als angenehm wirken.

Da nun aber die Befriedigung, welche das erfolgreiche Streben nach Wahrheit an sich gewährt, offenbar nur Diejenigen zu würdigen im Stande sind, denen die Natur die hierzu erforderlichen Mittel verliehen hat, die Anderen aber nur die oben erwähnten äusseren Zeichen wahrnehmen, so entwickelt sich hier durch die Regelmässigkeit des Zusammentreffens dieser beiden Erscheinungen die Täuschung, beide Phänomene ständen in einer derartig causalen Beziehung, dass Ursache und Wirkung mit einander vertauscht werden könnten.

Es beruht aber diese Täuschung, wie alle Täuschungen, auf der logisch berechtigten, practisch aber aus den oben (§. 10) angegebenen Gründen unzulässige Umkehr des Satzes:

Gleiche Ursachen haben gleiche Wirkungen.

Ebenso wie Herr Tyndall aus der Gleichartigkeit der Wirkungen einer actinischen Wolke und eines Cometen auf sein Sensorium vermittelst eines Fehlschlusses die Gleichartigkeit der Ursachen für den Ursprung beider Phänomene herleitet, ebenso fehlerhaft sind die Schlüsse derjenigen, welche die so viel gepriesene Köstlichkeit des Ruhmes zu empfinden hoffen, wenn sie die oben erwähnten accessorischen Erscheinungen desselben auf künstlichem Wege herbeiführen.

Man beobachtet vielmehr in der Regel, dass sich bei solchen Menschen, nachdem alle künstlichen Mittel mit bestem Erfolge erschöpft sind, am Abend ihres Lebens die Empfindung einer grossen Enttäuschung einstellt. Sie werden sich nun der Zweckwidrigkeit ihrer Handlungen bewusst und erkennen, dass dasjenige, was sie wirklich unter dem Einflusse ihrer subjectiven Motive der Welt Nützliches geleistet haben, auch von Anderen mit geringerem Kraftaufwande und bescheideneren Mitteln hätte geleistet werden können. Dieses Gefühl von der Vergeblichkeit des Strebens und der Zweckwidrigkeit der angewandten Mittel mag vielleicht der eigentliche Kern derjenigen Gemüthsverfassung sein, welche heutzutage unter den verschiedenartigsten Namen die Geissel aller derer geworden ist, welche nach eifrigem Streben endlich den Besitz eines lang ersehnten Gutes erreicht haben und nun die unangenehme Entdeckung machen, dass der Besitz desselben nicht leistet, was er versprochen hatte und demgemäss der ganze Aufwand von in Bewegung ge-

setzten Mitteln ein vergeblicher gewesen ist. Für die Qualität dieser Unlustempfindung ist es ganz gleichgültig, ob das Ziel des Strebens materieller Besitz und Reichthum oder Orden, Titel, Würden, Mitgliedschaft gelehrter Körperschaften, illustrirte Biographien u. dgl. m. gewesen ist.

Die Stärke dieser Empfindung wird um so grösser sein, je bedeutender der Verstand entwickelt ist, indem es gerade sein Werk ist, aus dem empirisch gelieferten Beobachtungsmaterial als Prämisse durch einen unbewussten Schluss die Conclusion, nämlich die Zweckwidrigkeit der einen grossen Theil des Lebens hindurch aufgewandten Mittel, abzuleiten. Je zwingender diese Conclusion in's Bewusstsein tritt, desto schmerzlicher ist die Enttäuschung und das damit verbundene Gefühl der Unlust. Man findet dem entsprechend, dass in der Regel gerade die intellectuell reicher angelegten Naturen den Qualen jener Gemüthsverfassung anheimfallen. Nächst der zweckentsprechenden Anwendung der uns von der Natur verliehenen Kräfte ist in der That ein mangelhafter Verstand das sicherste Schutzmittel gegen derartige Leiden.

Fassen wir also kurz das Resultat unserer letzten Betrachtungen zusammen, so besteht dasselbe in Folgendem:

Alle Thätigkeitsäusserungen der Naturwesen werden durch Empfindungen der Lust und Unlust bestimmt, und zwar so, dass dieselben innerhalb eines abgeschlossenen Gebietes von Erscheinungen den unbewussten Zweck verfolgen, die Summe der Unlustempfindungen auf ein Minimum zu reduciren.

Auf der niedrigsten Stufe der Organismen wird die zur Erreichung dieses Zweckes erforderliche Wechselbeziehung der Individuen und ihrer Bewegungen durch Reize vermittelt, welche bei allen im erwähnten Sinne zweckmässigen Veränderungen eine Lustempfindung, bei allen unzweckmässigen Veränderungen aber eine Unlustempfindung auslösen, und hierdurch alle Thätigkeitsäusserungen mit der Zeit in zweckentsprechende zu verwandeln streben.

Durch eine derartige gegenseitige Beeinflussung materieller Veränderungen erzeugen sich vollkommenere Organismen, deren Entwickelungsstufe wesentlich nach dem räumlichen und zeitlichen Umfange derjenigen Veränderungen bemessen werden kann, welche sie für die Zwecke ihres Daseins und ihrer Bedürfnisse in den Kreis

ihrer Wahrnehmung ziehen und berücksichtigen müssen. Zur Erweiterung des erwähnten Umfanges entwickelt sich die Verstandesthätigkeit, und beeinflusst wiederum unter Mitwirkung von Lust und Unlust die Thätigkeitsäusserungen höher organisirter Wesen.

Hierdurch ist aber die Möglichkeit gegeben, dass sich mit einer solchen Lebensäusserung, die wir von einer gewissen Stufe an als Handlung bezeichnen, in doppelter Weise eine Lustempfindung verbindet, nämlich erstens durch die Reize, welche nothwendig mit dem zur Handlung erforderlichen Complex organischer Bewegungen verbunden sind, und zweitens durch den vom Verstande anticipirten und in Zukunft liegenden Erfolg der Handlung.

Demgemäss sind Handlungen complicirtere und mit einem grösseren Aufwande von Mitteln erzeugte Processe, als die durch Reize bestimmten Bewegungen auf einer niedrigeren Entwickelungsstufe. Wird daher ein zu Handlungen befähigtes Wesen durch die Intensität der ersten Gattung von Lustempfindungen verleitet, diese und nicht die zweite Gattung als Motiv seiner Handlungen zu betrachten, so sind die zu einer solchen Handlung verwandten Verstandesoperationen zweckwidrige, indem dasselbe Ziel mit geringerem Kraftaufwande und einfacheren Mitteln von der Natur hätte erreicht werden können. Der ganze hierbei im Innern des handelnden Individuums ablaufende Complex von Veränderungen steht also im Widerspruch mit dem Principe des kleinsten Kraftaufwandes. Aehnlich nun wie ein Instrument, welches für feinere Arbeit bestimmt, aber zu gröberer angewandt wurde, verderben und allmälig zu jener feineren Arbeit untauglich werden muss, ähnlich muss auch der Verstand, wenn er andauernd zu solchen Handlungen benutzt wird, welche nur die accessorisch und nicht mit dem Wesen der Handlung verbundenen Lustempfindungen zum Zwecke haben, allmälig verderben und zu besseren Leistungen unbrauchbar werden.

Da aber für wissenschaftliche Leistungen die Qualität der Verstandesoperationen bekanntlich eine besonders gute sein muss, so ist gerade hier die Gefahr vorhanden, die Güte dieser Operationen durch Missbrauch herabzusetzen. Diese Gefahr wird dadurch noch ausserordentlich gesteigert, dass die oben erwähnten und nach Analogie der Reize die erfolgreichen Leistungen begleitenden Er-

scheinungen für viele wissenschaftlich thätige Menschen einen so hohen Werth haben, dass nicht mehr die Erforschung der Wahrheit allein, sondern unbewusst auch diese secundären Lustempfindungen als Zwecke des wissenschaftlichen Strebens verfolgt werden.

Hiermit ist nun, wie ich glaube, die zu Anfang dieser Betrachtungen aufgeworfene Frage:

> Wodurch werden die zu bestimmten Zwecken entwickelten Fähigkeiten eines Individuums zu unzweckmässigen Handlungen bestimmt?

einfach dahin zu beantworten, dass derartige Handlungen durch andere als durch die mit dem Wesen und der Natur einer Handlung verknüpften Motive geleitet werden.

12. *Anwendung der entwickelten Theorie zweckwidriger Handlungen und weitere Consequenzen derselben.*

Ich gehe nun dazu über, die oben entwickelte Theorie der Handlung und ihrer Beziehung zu den Operationen des Verstandes auf die Erscheinungen anzuwenden, welche wir aus den Beobachtungen bezüglich der TYNDALL'schen Verstandesthätigkeit abgeleitet hatten. Die Unvollkommenheit dieser Thätigkeit äusserte sich, wie wir sahen, auf dreifache Weise; nämlich

1. durch den Mangel an Vorsicht,
2. durch den Mangel an Logik,
3. durch den Mangel an Beherrschung der Phantasie.

Dass diese Mängel den Verstandesoperationen TYNDALL'S ursprünglich nicht innegewohnt haben, also nicht angeboren sondern erst später erworben sind, geht einfach aus der Thatsache hervor, dass derselbe viele Jahre hindurch der Gehülfe und Freund FARADAY'S gewesen ist, und selbständige wissenschaftliche Arbeiten geliefert hat, welche eine derartige Annahme nicht gestatten.

Die Frage, mit deren Beantwortung wir uns daher gegenwärtig zu beschäftigen haben, ist die folgende:

> Wodurch hat sich Herr TYNDALL die angeführten Mängel seiner Verstandesthätigkeit erworben?

Theoretisch wird diese Frage von dem oben entwickelten Standpuncte einfach dahin zu beantworten sein, dass sich bei Herrn TYN-

DALL bewusst oder unbewusst allmälig solche Motive seiner Handlungen entwickelt haben, welche mit dem ursprünglichen und natürlichen Zwecke derselben nicht verbunden sind.

Der natürliche Zweck der Gesammtthätigkeit eines Menschen ist durch seinen Beruf und durch seine Stellung ausgesprochen, welche er zur Ausübung dieses Berufes in der menschlichen Gesellschaft einnimmt. Herr TYNDALL ist kraft seines Berufes und seiner Stellung verpflichtet, als Zweck seiner Thätigkeit die Bereicherung der Wissenschaft und die Verbreitung der Wahrheit zu betrachten. So lange dieser Zweck als Motiv die Handlungen leitet, sind dieselben naturgemäss und je nach dem Erfolge des dadurch bewiesenen redlichen Strebens werden dieselben von äusseren Zeichen der Anerkennung begleitet. Reichen aber die von der Natur als ein Geschenk verliehenen Kräfte nicht aus, um jenes Streben zu einem der Stellung und den Anforderungen entsprechend erfolgreichen zu machen, so wird Jeder, der den moralischen Werth eines Menschen höher als den intellectuellen stellt, dennoch dem ernsten Streben seine ungetheilte Anerkennung zollen und höchstens im Interesse des unbefriedigt Strebenden ein Gefühl des Bedauerns darüber empfinden, dass der »Talar« eines genialen »Vorgängers im Amte eine Bürde ist, die fast zu schwer ist für andere Schultern.« [1])

Anders verhält es sich, wenn bei mangelnden Fähigkeiten bewusst oder unbewusst der Schein erzeugt werden soll, als seien die letzteren in dem erforderlichen Umfange vorhanden. Da das Mass derselben in Wirklichkeit nicht ausreichend ist, um durch naturgemässe Verwendung ebenso bedeutende Fortschritte in der Wissenschaft zu begründen wie der Vorgänger, so liegt die Versuchung nahe, jene geringeren Fähigkeiten nur zur Erzeugung derjenigen Erscheinungen zu benutzen, welche hervorragende Verdienste ganz von selbst und nur accessorisch begleiten. Diese Erscheinungen bestehen im Wesentlichen in den schon oben angedeuteten Aeusserungen der öffentlichen Auszeichnung und der Anerkennung durch wissenschaftliche Corporationen u. dgl. m. Die Mittel, durch

1) Vgl. FARADAY und seine Entdeckungen. Eine Gedenkschrift von JOHN TYNDALL. Autorisirte deutsche Uebersetzung, herausgegeben und mit einer Vorrede versehen durch H. HELMHOLTZ. Braunschweig 1870. p. 160.

welche heutzutage alle diese Erscheinungen ganz nach individuellem Bedürfnisse in grösserer oder geringerer Ausdehnung schon bei sehr mässigen Fähigkeiten hervorgerufen werden können, sind der gegenwärtig lebenden Generation so bekannt, dass ich mich besonderer Bemerkungen hierüber glaube enthalten zu können.

Wie man sieht, ist die Möglichkeit zu einer derartig zweckwidrigen Anwendung der Verstandesoperationen nur erst dann gegeben, wenn die Leistungsfähigkeit derselben nicht ausreichend ist, um einen sich selbst oder durch die äusseren Umstände gesetzten Zweck zu erreichen.

Ehe also die hier theoretisch dargelegte Möglichkeit einer solchen Zweckwidrigkeit als Erklärungsprincip auf einen concreten Fall angewandt werden kann, muss zunächst die Frage entschieden sein, ob und weshalb in diesem speciellen Falle die vorhandenen Fähigkeiten nicht ausreichend sind, dem besagten Zwecke zu entsprechen und den dadurch gestellten Anforderungen zu genügen.

Die Beantwortung und Entscheidung dieser Frage scheint beim ersten Anblick eine sehr schwierige, weil man sich hierbei als Richter über den relativen Werth von fremden Leistungen aufzuwerfen hat, von denen die einen meistens einer abgeschlossenen, die anderen einer noch unvollendeten Laufbahn angehören. Ausserdem stände unser Urtheil unbewusst unter dem Einflusse der persönlichen Motive von Sympathie und Antipathie und würde schon deswegen nur einen sehr geringen Grad von objectiver Wahrscheinlichkeit beanspruchen können.

Es fragt sich also, giebt es nicht einen anderen mehr directen Weg, um ganz objectiv wenigstens über den relativen Werth irgend welcher Leistungen zweier Individuen zu entscheiden, ähnlich wie wir die saure oder alkalische Beziehung von Körpern nicht nur subjectiv durch den Geschmack, sondern besser objectiv durch die Reaction der Körper gegen einander bestimmen können.

Ich glaube nun in der That als unmittelbaren Ausdruck der relativen Vollkommenheit irgend welcher Thätigkeitsäusserungen von gleicher Art, den Grad der Bewunderung und Verehrung betrachten zu können, welcher sich zwischen zwei Individuen entwickelt, deren Bestrebungen im Dienste gleicher Zwecke stehen.

Dieses Gefühl der Verehrung entspringt aus dem Triebe der Nachahmung. dessen sich die Natur auf niedrigeren Stufen der Organisation als Mittel zur Vervollkommnung vermittelst der natürlichen Züchtung in erfolgreichster und umfassendster Weise bedient. Im Menschengeschlechte dient es veredelt als Gefühl der Verehrung und Hochachtung den gleichen Zwecken, indem es der Antrieb zur möglichst grossen Anspannung der vorhandenen Kräfte wird. Dieses Gefühl ist also wesentlich bedingt durch die Ueberzeugung von der Geringfügigkeit der eigenen Leistungen gegenüber denjenigen, welche dem von uns Bewunderten oder Verehrten angehören.

Wir bezeichnen diejenige Charactereigenschaft, welche leicht zur Anerkennung und Hochschätzung Anderer im angedeuteten Sinne befähigt, mit dem Namen »Bescheidenheit« entsprechend dem oben Erwähnten, dass ein Mensch, welcher einen andern seiner Leistungen wegen bewundert oder verehrt, sich selbst bescheidet, ihm überhaupt gleichzukommen. Die Bescheidenheit wird deshalb durchschnittlich von den Menschen als eine lobenswerthe Eigenschaft des Characters betrachtet, weil sie als Antrieb zur Vervollkommnung die Möglichkeit zur Verbesserung des Geschlechts involvirt.

Unterfängt sich nun aber Jemand in Worten und Schriften die hohe Verehrung und Bewunderung für einen Andern an den Tag zu legen, während er doch in Wahrheit innerlich von der Gleichheit des eigenen Werthes mit dem des äusserlich Vergötterten überzeugt ist, dann werden jene Worte nur das Mittel zur Selbstverherrlichung und machen als zweckwidrige auf denjenigen, welcher sie liest oder hört, denselben ästhetisch widerlichen Eindruck wie eine durchschaute Lüge.

Nach diesen Bemerkungen gehe ich nun dazu über, zu untersuchen, in wie weit bei Herrn TYNDALL, gleichgültig ob bewusst oder unbewusst, eine derartige Veränderung der Motive seiner Thätigkeit anzunehmen ist.

Herr TYNDALL hat im vorigen Jahre eine Schrift veröffentlicht, welche dem Andenken seines berühmten Vorgängers im Amte, des am 25. August 1867 der Wissenschaft zu früh entrissenen MICHAEL FARADAY gewidmet ist. Dieselbe ist betitelt: »FARADAY und seine Entdeckungen. Eine Gedenkschrift von JOHN TYNDALL.«

Diese Schrift ist bald nach ihrem Erscheinen unter Beaufsichtigung von H. HELMHOLTZ in's Deutsche übertragen und von Letzterem mit einer Vorrede versehen worden. Auf diese deutsche Uebersetzung (Braunschweig 1870) werde ich mich bei dem folgenden Citate beziehen und demselben nur die Seitenzahl dieser deutschen Ausgabe beifügen.

Die Schrift ist dem Gefühle der Bewunderung und Verehrung nicht minder als dem der Pietät für FARADAY entsprungen, dessen Freund und Gehülfe der Verfasser viele Jahre hindurch gewesen ist.

Mit Rücksicht auf die oben dargelegte psychologische Bedingung müsste also jene Schrift im Wesentlichen als der Ausdruck einer selbstempfundenen, intellectuellen und moralischen Verschiedenheit zwischen TYNDALL und FARADAY betrachtet werden.

Zwischen congenialen und moralisch gleich qualificirten Männern ist eine gegenseitige Bewunderung und Vergötterung etwas Unnatürliches und Widerliches, soweit die Gleichheit ihrer Eigenschaften eine bewusste ist. In diesem Fall findet gegenseitige Achtung statt. Ein sehr zur Bescheidenheit disponirter Character kann subjectiv von der Geringfügigkeit seiner Leistungen überzeugt sein und dieser Ueberzeugung entsprechend einem Andern von objectiv gleichem oder sogar noch geringerem Werthe ein Gefühl der Verehrung entgegenbringen. Dann beruht aber nur diese subjective Ueberzeugung auf einer Täuschung; der Ausdruck derselben, bleibt stets ein vollkommen wahrer und berechtigter.

Ich überlasse es dem Leser, sich aus der angeführten Schrift selber eine bestimmte Ansicht darüber zu bilden, ob Herr TYNDALL innerlich wirklich von seiner geringeren Begabung FARADAY gegenüber in dem Masse überzeugt ist, als er es an zahlreichen Stellen jener Schrift ausdrückt, oder ob er sich für eine mit FARADAY congeniale Natur hält. Sollte sich letzteres beweisen lassen, so würde nach den oben über den natürlichen Ursprung des Gefühls der Verehrung und Bewunderung gemachten Bemerkungen der Ausdruck jener Verehrung im Dienste der eigenen Selbstverherrlichung stehen.

Ich enthalte mich hierüber eines jeden Urtheils und erlaube mir nur die folgenden Worte der Beurtheilung des Lesers anheim-

zustellen, mit welchen Herr TYNDALL sein letztes Zusammensein mit FARADAY schildert:

(160) »Ich kniete eines Tages neben ihm nieder, und legte meine Hand auf seine Knie; er streichelte sie liebevoll und murmelte mit leiser, sanfter Stimme die letzten Worte, welche MICHAEL FARADAY zu mir sprach.«

»Es war mein Streben und mein Wunsch, die Stelle SCHILLER's bei diesem GOETHE einzunehmen; und er war zu Zeiten so freudig und kräftig, — körperlich so rüstig und geistig so klar, dass mir oft der Gedanke kam, auch er werde, wie GOETHE, den jüngeren Mann überleben.«

Ich vermag nicht zu beurtheilen, in wie weit Herr TYNDALL als Engländer im Stande ist, sich die Gefühle und Empfindungen zu vergegenwärtigen, welche in der Brust eines jeden Deutschen mit den Namen GOETHE und SCHILLER verschwistert sind. Alle Blüthen, welche die Begeisterung für das Wahre, Schöne und Edle im menschlichen Herzen zu treiben vermag, schmücken die unverwelklichen Kränze, die unser Volk um die Schläfe dieser beiden Heroen in dankbarer Verehrung geflochten hat. Wir betrachten sie als Kleinodien und Leitgestirne in Zeiten der Finsterniss, mit denen selbst der eitelste unter den Dichter-Epigonen schon aus Klugheit vermeidet sich zu vergleichen, um nicht bei dem gesunden und bis jetzt noch nicht durch die Phrase corrumpirten Sinn unseres Volkes dem Fluche der Lächerlichkeit zu verfallen.

Besitzt denn Herr TYNDALL so wenig wahre und aufrichtige Freunde in Deutschland, dass auch nicht ein Einziger unter ihnen, der die frische Nordluft unserer Eichenwälder kennt, den arglos Wandernden auf die Gefahr aufmerksam macht, welche ihm aus einer so unvorsichtigen und leichten Bekleidung erwachsen könnte? —

Ich bin nun am Ziele meiner Untersuchung, so weit sie Herrn TYNDALL und seine Cometentheorie betrifft. Ich glaube im Wesentlichen das mir gestellte Problem gelöst zu haben, indem ich die theoretisch entwickelte Ursache für die Rückbildung ursprünglich normaler Functionen durch zweckwidrige Benutzung derselben in dem vorliegend betrachteten Falle auf dem Gebiete der Verstandesoperationen nachgewiesen habe.

Fragt man nun, ob es ein Mittel giebt, den weiteren Fortschritt eines derartigen Processes zu verhindern und womöglich die ursprüngliche Leistungsfähigkeit jener Functionen wieder herzustellen, so ergiebt sich die Beantwortung dieser Frage aus den bisherigen Betrachtungen von selbst. In der That, wenn die erwähnte regressive Metamorphose durch zweckwidrige Benutzung der uns von der Natur verliehenen Kräfte entstanden ist, so muss eine zweckentsprechende Anwendung derselben das sicherste Mittel sein, dieses Uebel zu beseitigen.

Wenn also Herr Tyndall, ebenso aufrichtig gegen sich selbst wie gegen das Publicum, nicht blos äusserlich, sondern auch innerlich den Rangunterschied anerkennt, welchen die Natur zwischen Faraday's und seinem Kopfe nach unwandelbaren Gesetzen festgestellt hat, so wird diese Erkenntniss ihn verhindern, sich ferner auf Gebiete der naturwissenschaftlichen oder philosophischen Speculation zu wagen, für welche nach den bisher gelieferten Proben, wie es scheint, weder seine Kräfte noch seine Kenntnisse qualitativ und quantitativ den erforderlichen Umfang besitzen.

Sollte sich nun aber Herr Tyndall, unwillig über eine derartige Zumuthung, auch hier wiederum veranlasst fühlen, seiner Verehrung für die deutschen Classiker etwa durch das folgende Citat aus Goethe's Faust Ausdruck zu verleihen:

»Was bin ich denn, wenn es nicht möglich ist,
Der Menschheit Krone zu erringen,
Nach der sich alle Sinne dringen?«

so würde er als Antwort auf diese Frage unmittelbar darauf im Munde des Mephistopheles die Worte finden:

»Du bist am Ende — was du bist.
Setz' dir Perrücken auf von Millionen Locken,
Setz' deinen Fuss auf ellenhohe Socken,
Du bleibst doch immer was du bist.«

13. *Allgemeine Ursachen abnormer Erscheinungen begründet im Zeitgeiste. Verhältniss der Wissenschaft zur Technik und Industrie.*

Der einzelne Mensch wie jedes, zu einer individuellen Einheit abgeschlossene Wesen der Natur, offenbart seine Eigenschaften unter dem Einflusse der übrigen Welt. Zwischen beiden finden Wechselbeziehungen statt, in Folge deren sich jene Eigenschaften den Verhältnissen der Aussenwelt anpassen. Treten daher an irgend einem Individuum Erscheinungen sehr auffallender Natur zu Tage, so dass die unbewussten Verstandesoperationen der Menschen nicht ausreichend sind, dieselben causal unter allgemeinere Gesichtspuncte zusammenzufassen, so darf dies die bewusste Verstandesthätigkeit nicht zurückhalten, nach allgemeineren und tiefer liegenden Ursachen zu forschen, welche jene Erscheinungen als einen Ausfluss des sogenannten Zeitgeistes d. h. der gegenwärtigen Entwickelungsphase der civilisirten Menschheit darstellen. Gleichzeitig wird hierdurch dem individuellen Träger abnormer Handlungen eine Art Entlastung zu Theil, indem die Verantwortlichkeit für seine Thaten durch eine natürliche Beschränkung der individuellen Freiheit wenigstens theilweise auf die mitlebende Generation übertragen wird.

Ehe ich zur Ermittelung und Aufdeckung derartiger Ursachen übergehe, seien mir zunächst wiederum einige theoretische und allgemeinere Erörterungen über die Integrität der Verstandesoperationen in Beziehung zu ihrer zweckmässigen Anwendung beim Handeln gestattet.

Wenn die früher auf die Verstandesoperationen angewandte Theorie des Zusammenhanges zwischen Integrität und Zweckmässigkeit der Benutzung organischer Functionen in der Natur begründet ist, so muss es offenbar für die Befriedigung desjenigen Bedürfnisses, welches ausschliesslich nur mit Hülfe sehr vollkommener Verstandesoperationen befriedigt werden kann, nämlich des wissenschaftlichen Bedürfnisses, von höchster practischer Bedeutung sein, die oben nur flüchtig angedeuteten Umstände näher kennen zu lernen, durch welche der Mensch unbewusst zu einer zweckwidrigen Benutzung des Verstandes verleitet werden kann.

Man sieht, es hängt von der Kenntniss dieser Umstände das Wohl und Wehe der Wissenschaft ab und es verlohnt sich daher wohl der Mühe, die vorliegende Frage einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen.

Doch wodurch unterscheidet sich die wissenschaftliche von den übrigen Thätigkeiten der Menschen? Bezüglich ihres Ursprungs stimmen beide darin mit einander überein, dass sie einem menschlichen Bedürfnisse entsprungen sind, die wissenschaftliche Thätigkeit dem Bedürfnisse des Verstandes nach causaler Erkenntniss der Welt, die übrigen Thätigkeiten, mit Ausnahme der künstlerischen, dem Bedürfnisse des Leibes nach harmonischem Gleichgewichte der sinnlichen Empfindungen.

Die ersterwähnte Thätigkeit besteht in der bewussten Fortsetzung desselben Processes, durch welchen sich der Verstand unbewusst im Laufe unzähliger Generationen die Vorstellung der mannigfach gegliederten Aussenwelt erzeugte, in welcher er sich nun mit bewunderungswürdiger Sicherheit orientirt.

Die übrigen Thätigkeiten, mit Ausschluss der künstlerischen, sind die bewusste Fortsetzung des Reproductionsprocesses, welcher sich unbewusst durch Vermittelung der Reize und an der Hand der natürlichen Züchtung im Laufe unzähliger Generationen den reich gegliederten Organismus des menschlichen Körpers aufgebaut hat. Den Inbegriff dieser beiden Gattungen selbstbewusster menschlicher Thätigkeit bezeichnen wir mit den Namen Wissenschaft und Technik. Da beides bewusste Thätigkeitsäusserungen sind, so involviren sie nothwendig die Anwendungen der Verstandesoperationen. Der Zweck dieser Operationen ist aber mit Rücksicht auf die dadurch zu befriedigenden Bedürfnisse ein wesentlich verschiedener. Während die Wissenschaft ihr Werk vollbracht haben wird, wenn der menschliche Geist das Wörtchen »warum?« entbehren kann, hat die Technik ihr Werk vollbracht, wenn der menschliche Leib ein kaum empfundenes Bedürfniss auch schon zu stillen im Stande ist.

Die einfachste Form des leiblichen Bedürfnisses ist der Hunger, und alles, was damit zusammenhängt. Auf ihn lassen sich daher zum grössten Theile alle gewerblichen Thätigkeiten in ihrem frühesten Ursprunge zurückführen. Den durch die fortschreitende Cultur

complicirten Bedürfnissen des Leibes ist die Industrie zu genügen bestrebt. So lange die Verstandesoperationen nur durch das Streben nach Erreichung dieses Zweckes occupirt waren, war jede wissenschaftliche Thätigkeit unmöglich. Dieselbe würde wiederum dereinst unmöglich werden, wenn sich die Verstandesoperationen mit Bewusstsein nur diesem Zwecke unterordnen.

Diese Bemerkungen werden ausreichen, um die Begriffsverwirrung derjenigen erkennen zu lassen, welche bestrebt sind, die Verstandesthätigkeit im Dienste der Industrie als eine wissenschaftliche Thätigkeit hinzustellen und einer solchen Thätigkeit alle diejenigen Attribute zu vindiciren, welche der Wissenschaft, als einer relativ unegoistischen Leistung, von jeher mit Bereitwilligkeit von den Menschen zuerkannt worden sind. Einer derartigen Erniedrigung zu Sclavendiensten im Reiche der Industrie haben sich namentlich gewisse Theile der Naturwissenschaften besonders bei denjenigen Völkern gefallen lassen müssen, welche vermöge ihres Realismus mehr den practischen als den idealen Tendenzen des Lebens zugänglich sind. Für wissenschaftlich höher strebende Völker handelt es sich, derartige Zumuthungen des practischen Verstandes energisch zurückzuweisen.

Nicht die Methode oder die Summe von Scharfsinn, welche bei den Operationen des Verstandes aufgewandt wird, bedingt ihren wissenschaftlichen oder nicht wissenschaftlichen Character, sondern einzig und allein der Zweck, zu welchem diese Operationen unternommen werden.

Wenn ein Schuhmacher mit allen Mitteln des physikalischen Scharfsinns die Zähigkeit seines Peches, die Haltbarkeit seines Zwirnes, den Brechungscoefficienten der Flüssigkeit in seiner Beleuchtungskugel untersucht, um seine Concurrenten durch vorzügliche Waare zu überflügeln, so bleibt er deswegen doch immer nur ein intelligenter Schuster.

Wenn aber Jemand, bei Sonnenschein auf der Eisenbahn fahrend, durch den miteilenden Schatten des Zuges auf die Frage geführt wird, ob bei fortdauernd gesteigerter Geschwindigkeit des Zuges der Schatten nicht doch ein Wenig hinter dem Zuge zurückbleiben würde, so ist das eine wissenschaftliche Reflexion, und eine auch nur mit den rohesten Mitteln hierüber angestellte Unter-

suchung stempelt jenen Menschen zu einem wissenschaftlichen Forscher.

Dass die Naturwissenschaft der Industrie häufig Methoden und Thatsachen verdankt, und dieselben mit Erfolg für ihre Zwecke verwerthen kann, ist einfach nur dadurch bedingt, dass beiden Thätigkeitsgebieten dasselbe Reich von Erscheinungen zur Wahl ihrer Mittel angewiesen ist. Da aber die leiblichen Bedürfnisse viel intensiver als die geistigen sind, ja die letzteren als Bedingung ihrer Existenz die Befriedigung der ersteren voraussetzen, so sind auch die dem leiblichen Bedürfnisse entsprungenen Motive viel mächtiger und deshalb die durch sie erzeugten Verstandesoperationen oft viel angestrengter und erfolgreicher, als die durch andere Motive bewegten.

Hieraus folgt nun unmittelbar, dass gerade die Naturwissenschaften, mehr als alle andern, der Gefahr ausgesetzt sind, durch Substitution der materiellen an Stelle der intellectuellen Bedürfnisse dem Zwecke der wissenschaftlichen Thätigkeit entfremdet zu werden, und auf diese Weise eine Einbusse an logischer Schärfe der Verstandesoperationen zu erleiden. Es ist für die Richtigkeit dieser Anschauungsweise, wie mir scheint, sehr bezeichnend, dass die sogenannten anorganischen Wissenschaften Chemie, Physik und Astronomie in demselben Masse an wissenschaftlichem Gehalt, d. h. an deductiver Erkenntniss ärmer sind, je näher sie vermöge ihrer Anwendungen den leiblichen Bedürfnissen der Menschen stehen. Werden daher die letzteren auf einer hohen Stufe der Cultur durch Raffinement überreizt, so liegt hierin nicht nur die Bedingung zur regressiven Metamorphose der leiblichen Beschaffenheit des Geschlechtes, sondern gleichzeitig diejenige zur Rückbildung der Verstandesoperationen sowohl im Dienste der Wissenschaft als des practischen Lebens.

14. *Die Phrase in der Wissenschaft und ihre verderbliche Wirkung auf die Verstandesoperationen.*

Die soeben angedeuteten Verhältnisse beziehen sich fast ausschliesslich nur auf die Naturwissenschaften und bedingen daher auch

zunächst nur für diese die Möglichkeit einer Verschiebung der Motive bei der intellectuellen Thätigkeit.

Allein durch die vom menschlichen Character unzertrennliche Eitelkeit, welche auf einer tieferen Stufe der organischen Wesen im Dienste leicht erkennbarer Naturzwecke stand, ist für alle Wissenschaften die Gefahr einer zweckwidrigen Anwendung und dadurch einer Rückbildung der Verstandesfunctionen gegeben.

Die erwähnte Charactereigenschaft entwickelt sich auf wissenschaftlichem Gebiete zu einer gefährlichen Höhe fast ausschliesslich durch allzu grosse öffentliche Anerkennung erfolgreicher Leistungen. Es sind diese äusseren Zeichen der Anerkennung und die damit erregten Lustempfindungen, wie bereits früher bemerkt, rein accessorischer Natur. Sie haben mit denjenigen Lustempfindungen, welche sich naturgemäss mit der Erreichung des durch die wissenschaftliche Thätigkeit beabsichtigten Zweckes, nämlich der Erkenntniss der Wahrheit, verbinden, ebensowenig etwas zu schaffen, wie die durch Reize bedingten accessorischen Lustempfindungen mit denjenigen, welche bei Befriedigung natürlicher Bedürfnisse den dazu erforderlichen Handlungen nachfolgen.

Ebenso nun wie hier die Unsittlichkeit durch solche Handlungen bedingt ist, deren Motive sich von der Befriedigung des empfundenen Bedürfnisses auf die, mit der hierzu erforderlichen Handlung verknüpften, sinnlichen Reize verschoben haben, ebenso ist die wissenschaftliche Eitelkeit durch solche Handlungen und Bestrebungen bedingt, deren Motive sich von der naturgemäss mit der Befriedigung des Causalitätsbedürfnisses verbundenen Lust auf die durch öffentliches Lob accessorisch erregten Lustempfindungen, bewusst oder unbewusst, verschoben haben.

Der Mensch merkt dann sehr bald, dass die durch diese Verschiebung der Motive gesetzten Ziele sich durch viel einfachere Mittel als durch complicirte und sehr vollkommene Verstandesoperationen erlangen lassen. Indem er nun durch fortdauernd erfolgreichen Gebrauch dieser einfacheren Mittel sich daran gewöhnt, seine Zwecke auf diesem Wege zu erreichen, verkümmern allmälig diejenigen Fähigkeiten, welche ihm zur Erreichung höherer Ziele von der Natur verliehen waren.

Es bewirkt folglich die Unsittlichkeit ebenso wie

die Eitelkeit des Characters eine fortschreitende Rückbildung der Verstandesfunctionen.

Mechanisch hat dieser Vorgang sein Analogon im Princip des kleinsten Kraftaufwandes, morphologisch im Princip der Rückbildung überflüssiger und unzweckmässig benutzter Organe, endlich teleologisch im NEWTON'schen Princip: »*Natura enim simplex est et rerum causis superfluis non luxuriat.*«

Es lassen sich demgemäss die accessorisch mit den menschlichen Handlungen verknüpften Lustempfindungen in zwei Abtheilungen bringen, nämlich in:

1. diejenigen, welche durch sinnliche Reize unmittelbar die einfachsten Handlungen zur Befriedigung natürlicher Bedürfnisse begleiten. Es mögen diese Lustempfindungen in der Folge als die sinnlichen bezeichnet werden;
2. diejenigen, welche bei höheren Thätigkeitsgebieten — bei denen zur Erreichung eines Zweckes ein grösserer Complex von einzelnen Handlungen erfordert wird — durch Rückwirkung der menschlichen Gesellschaft auf das handelnde Individuum in Form von öffentlichem Lob mittelbar erzeugt werden. Ich will diese Lustempfindungen in der Folge als die socialen bezeichnen.

Wäre man im Stande, die erste Gattung der Lustempfindungen, durch Abschwächung der Reizbarkeit zu vermindern, so würden alle Handlungen der Menschen zur Befriedigung natürlicher Bedürfnisse ausserordentlich viel zweckmässiger und daher auch, was von unserm Standpunct gleichbedeutend ist, sittlicher werden. Eine Bestätigung dieser Vermuthung bin ich geneigt in dem mächtigen Einflusse zu erblicken, welchen die Grösse der Reizbarkeit bei durchschnittlich gleichen Verstandeskräften auf den moralischen Werth des Individuums thatsächlich auszuüben vermag.

Wäre man andrerseits im Stande, die zweite Gattung der accessorischen Lustempfindungen durch Verminderung der öffentlichen Anerkennung in Form von Orden, Titeln, Mitgliedschaft von Academien und gelehrten Gesellschaften, biographischen Lobesspenden in öffentlichen Blättern, sei es auch nur in Form wieder abgedruckter Toaste bei den so beliebten Fest- und Zweckessen etc. herabzusetzen, so würde hierdurch die durchschnittliche Qualität der zu

wissenschaftlichen und anderen Leistungen erforderlichen Verstandesoperationen ausserordentlich verbessert und so der Wissenschaft und Socialpolitik ein grosser und wesentlicher Dienst geleistet werden.

Bei den sinnlichen Lustempfindungen wäre die angedeutete Herabsetzung nur im Laufe von Generationen mit Hülfe einer zweckentsprechenden und einfachen Erziehung denkbar, dagegen liegt sie bei den socialen Lustempfindungen in der Hand der Gesellschaft.

Die hierzu anwendbaren Mittel und Wege ergeben sich aus den gemachten Andeutungen von selbst. Man beseitige vor Allem diejenigen Erregungsmittel, welche auf der Eitelkeit des menschlichen Characters begründet im Schoosse der Wissenschaft selber emporgewachsen sind, und durch die Ueppigkeit, mit welcher sie wuchern, dem Boden die Säfte zur Ernährung und Erhaltung der Verstandeskräfte entziehen.

Hierdurch verminderte sich die Gefahr einer unbewussten oder bewussten Verschiebung der Motive für wissenschaftliche Arbeiten und der reine Genuss an der Erkenntniss der Wahrheit würde als naturgemässes Motiv mehr an Stelle des Strebens nach öffentlicher Auszeichnung und materiellem Gewinn treten. Diese Verminderung der naturwidrigen Motive würde zunächst eine wohlthätige Rückwirkung auf die Sprache ausüben und dieselbe einfacher, klarer und der Reinheit der Motive entsprechender machen.

Denn in der Sprache lagern sich gleich Petrefacten der Vorwelt die Resultate der unbewussten und bewussten Verstandesoperationen vergangener Geschlechter in Form von Worten ab. Im Satzbau der Sprache, in den Formen ihrer Wendungen und Bilder spiegeln sich Wahrheit und Lüge, Lauterkeit und Unlauterkeit der die Zunge bewegenden Motive weit deutlicher ab, als diejenigen glauben, welche sich der Worte zur Befriedigung ihrer Eitelkeit und zur Täuschung Anderer bedienen. »Die unzertrennliche Verbindung der Gedanken, der Stimmwerkzeuge und des Gehörs zur Sprache liegt unabänderlich in der ursprünglichen, nicht weiter zu erklärenden Einrichtung der menschlichen Natur.« [1]

---

1) WILHELM VON HUMBOLDT, Ueber die Verschiedenheit des menschlichen

Demgemäss entwickelt sich unter den oben erwähnten Umständen in der Wissenschaft mit Nothwendigkeit die Phrase, als eine Vorbotin und stets bereitwillige Dienerin der Lüge. Denn wo die Phrase sich zeigt verhüllt die Wahrheit schweigend ihr Haupt und entfernt sich.

Letztere hat zu allen Zeiten bei der Sucht der Schriftgelehrten durch geistreiche Einfälle zu glänzen und dadurch der eigenen oder fremden Eitelkeit zu schmeicheln, nur ein kümmerliches Dasein gefristet. Die Wahrheit verschmäht es, stolz gebrüstet im Gewande rhetorischen Prunkes einherzuschreiten, denn sie bedarf solch' künstlicher Reize nicht,. da sie den Besuch der Salons meidet und sich ihren Verehrern nur in Stunden der Einsamkeit und ruhiger Sammlung naht, — Stunden, die unter dem wachsenden Drucke amtlicher und gesellschaftlicher Pflichten der lebenden Generation allmälig abhanden kommen und nur noch um hohe Preise, fast mit Gewalt, erworben werden können.

Man darf es zuversichtlich aussprechen, dass sich die durchschnittliche Wahrhaftigkeit und Leistungsfähigkeit des Einzelnen sowie der Völker, sei es auf dem Gebiete der Wissenschaft oder der Politik, an dem Umfange bemessen lässt, in welchem ihre Sprache von der Phrase beherrscht wird. Die Belege für diese Wahrheit sind zu vielfach in der Gegenwart discutirt und besprochen worden, als dass ich es auf die Gefahr hin, längst Bekanntes zu wiederholen, wagen möchte, dieselben hier noch besonders durch Beispiele zu illustriren.

Mich beschäftigt hier vorzugsweise nur der verderbliche Einfluss der Eitelkeit und der dadurch erzeugten Phrase auf die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der Menschen, insofern sie die Qualität der Verstandesfunctionen verschlechtert.

Deshalb verlohnt es sich wohl, sei es auch nur aus Rücksichten der Billigkeit gegen andere Nationen, die Frage aufzuwerfen, ob man in Deutschland und in der deutschen Wissenschaft vor diesem Einflusse sicher ist und wie lange noch, oder ob er sich, wenn auch noch nicht auffallend zu spüren, doch vielleicht schon im Stillen und in scheinbar ganz unschuldigen Dingen und Handlungen vorbereitet. —

Sprachbaues und ihren Einfluss auf die geistige Entwickelung des Menschengeschlechtes. p. 50.

Indem ich die Beantwortung dieser Frage dem eigenen Urtheile des Lesers anheimstelle, kann ich es mir nicht versagen, ihm in Folgendem wenigstens einige Thatsachen mitzutheilen, welche ihn vielleicht aufmuntern dürften, aus dem Schatze seiner eigenen Erfahrungen das inductive Material für die wissenschaftliche Behandlung jenes ebenso interressanten als wichtigen Gegenstandes zu bereichern.

Allein:

»Ich bin des trocknen Tons nun satt:« — — —

»Ich muss dich jetzt vor allen Dingen
In lustige Gesellschaft bringen,
Damit du siehst, wie leicht sich's leben lässt.«

15. *Die Hofmann-Feier zu Berlin.*

Es war an einem Frühlingsabende des Jahres 1870, als ich mit einem Freunde und Collegen den Inhalt einer Mappe des wissenschaftlichen Journal-Zirkels unserer naturforschenden Gesellschaft flüchtig durchblätterte. Wir lasen das auf den Umschlägen der einzelnen Hefte angegebene Inhaltsverzeichniss der Arbeiten, um das für uns Wissenswerthe einer genaueren Einsicht zu unterwerfen. Da fällt uns ein Heft in die Hände mit der Aufschrift:

»*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Dritter Jahrgang. No.* 3. (*Ausgegeben am* 28. *Februar.*) *Berlin. Ferd. Dümmler's Verlagshandlung* 1870.«

Wir hätten uns bei diesem Hefte wie bei anderen wahrscheinlich damit begnügt, das auf dem Umschlage befindliche Inhaltsverzeichniss nur zu lesen, um das Heft, als für Mathematiker und Physiker zu wenig interessant, wieder in die Mappe zu legen. Allein die vorletzte Abhandlung hatte allgemeineres Interesse; sie handelte:

»Ueber den ersten böhmischen Diamant.«

und dies wurde für uns die Veranlassung das Heft aufzuschlagen und genauer in Augenschein zu nehmen.

Doch wie gross ist unsere Ueberraschung, als wir beim Aufschlagen gleich auf der ersten Seite eine schöne Photographie er-[illegible] in welcher Herr Professor HOFMANN, der Nachfolger [illegible]LICH's in Berlin, bedeckten Hauptes dem Leser ein

freundliches Willkommen bietet, mitten in der Werkstätte seines Schaffens, am Experimentirtische des Laboratoriums.

Die unter diesem Bilde mit Initialen angebrachte Inschrift:

»Den Theilnehmern an dem Festmahle der chemischen Gesellschaft zu Ehren des Prof. A. W. HOFMANN gewidmet von ZASTRAU«

vermehrte unser Erstaunen, da in diesen Worten doch ganz deutlich und unverkennbar die private Bestimmung dieses Bildes für die »Theilnehmer an dem Festmahle« ausgedrückt ist und wir nicht einmal von einem solchen Festessen etwas gehört, geschweige daran Theil genommen hatten.

Wir kamen daher zu der Vermuthung, dass hier irgend ein Versehen oder Missverständniss obgewaltet haben müsse, sei es von Seiten der Verlagshandlung oder des Buchbinders, durch welches ein um die Wissenschaft nicht unverdienter Mann als das Opfer einer bedauerlichen Indiscretion erscheinen musste.

Nachdem wir uns bei dieser Erklärung im Interesse des Anstandes und der wissenschaftlichen Würde unseres Berliner Collegen beruhigt hatten, lasen wir die Abhandlung »über den ersten böhmischen Diamant«. Schon sollte nach beendeter Durchsicht das Heft wieder in die Journalmappe wandern, als uns die hinter der letzten wissenschaftlichen Abhandlung übrig bleibende Papierfülle die Vermuthung erweckte, es müsse noch eine fernere und ziemlich umfangreiche Abhandlung folgen, deren Inhaltsangabe auf dem Umschlage durch dasselbe Versehen unterblieben sei, durch welches vermuthlich die erwähnte Photographie unter die wissenschaftlichen Abhandlungen des fraglichen Heftes gerieth. Wir schlagen die letzte Seite der letzten wissenschaftlichen »Mittheilungen aus London« um und erblicken als Ueberschrift der erwarteten Abhandlung mit fetter Schrift die folgenden Worte:

»Bericht über das Festmahl
der
Deutschen Chemischen Gesellschaft in Berlin
zu Ehren
AUGUST WILHELM HOFMANN's.«

Dieser Bericht umfasst 25 zum Theil eng gedruckte aber römisch paginirte Seiten in Prosa und humoristischer Festpoesie.

Ueber den Zweck des Festes geben uns die Berichterstatter in folgenden Worten Aufschluss:

»Der 8. Januar d. J. war ein hoher Festtag für die Deutsche Chemische Gesellschaft; zumal für ihren gefeierten Gründer, den Professor A. W. Hofmann. Der Mann, der es vor zwei Jahren unternommen, die Berliner Chemiker zu gemeinsamer Thätigkeit zu vereinen und die Fachgenossen in ganz Deutschland zur Theilnahme aufzufordern, konnte am 1. Januar d. J. das Präsidium einer grossen europäischen Gesellschaft in die Hände seines Nachfolgers legen; er darf diesen Erfolg zu den schönsten zählen, die seine reiche Erinnerung umfasst.

Für die Einleitung des Festes, das bestimmt war, ein Ausdruck der Anerkennung und des Dankes für diesen Mann zu sein, hatten sich sämmtliche in Berlin anwesende Mitglieder des Vorstandes der Chemischen Gesellschaft mit Ausnahme des zu Feiernden zu einem Fest-Committee geeinigt.

Zum Vorsitzenden des Committee's war Herr G. Magnus erwählt worden. Die HH. H. Wichelhaus und E. Schering hatten es übernommen, beziehungsweise als Secretär und als Schatzmeister zu fungiren.«

Den Schluss des ganzen Berichtes und zugleich jenes interessanten Heftes bildet eine zweite Photographie, und zwar eine Copie der geschmackvoll und sinnig verzierten »Festkarte«, welche vermuthlich ebenfalls als bleibendes Erinnerungszeichen ursprünglich nur für die Theilnehmer am Festmahle bestimmt war.

Wir sehen an der Spitze dieser Festkarte Herrn Professor A. W. Hofmann in der luftigen und leichten Bekleidung des olympischen Zeus auf einem Thronsessel, in der Rechten an Stelle der *Νικη* eine Flasche mit der Aufschrift »Anilin«, in der Linken als Scepter einen »Volumgewichtsbestimmer« haltend. Das wohlgetroffene Antlitz blickt huldvoll lächelnd und doch zugleich mit majestätischer Würde auf das bunte Getreibe von kleinen Kindergestalten zu seinen Füssen, von denen ihm die einen »Heil Jupiter!« zurufen, die andern andere Ovationen darbringen.

Von Befangenheit oder Unbehaglichkeit in Folge der mit allen

Mitteln der modernen Technik und Industrie in's Werk gesetzten Apotheose ist keine Spur in den Zügen des Gefeierten zu bemerken, so dass man bei seinem Anblick unwillkürlich an die Stelle in GOETHE's Faust erinnert wird, wo Mephistopheles in der Hexenküche selbstzufrieden die Worte spricht:

»Hier sitz' ich wie der König auf dem Throne,
Den Scepter halt' ich hier, es fehlt nur noch die Krone!«

Ich hoffe durch die vorstehend gegebenen Andeutungen beim Leser in hinreichendem Masse das Verlangen nach eigener Anschauung jenes Festberichtes

»Zur Erinnerung an die Hofmann-Feier zu Berlin am 8ten Januar 1870«

rege gemacht zu haben. Ich glaube die Versicherung hinzufügen zu können, dass er denselben nicht ohne grosse culturhistorische Theilnahme für die gegenwärtige Entwickelungsphase der modernen Chemie aus den Händen legen wird. Es befinden sich in demselben nicht weniger als 11 Toaste und zahlreiche Fest-Telegramme von den hervorragendsten Männern aus dem Gebiete der Wissenschaft und Politik vollständig abgedruckt, welche, dem Zwecke des Festes entsprechend, im Wesentlichen Eigenschaften und Verdienste des Herrn Professor A. W. HOFMANN verherrlichen.

Es ist bekannt, dass bei Toasten die rhetorische Figur der Hyperbel eine grosse Rolle spielt und geschickt angewandt, meistens einen komischen Effect hervorruft. Wenn aber Toaste in den Berichten »einer grossen europäischen wissenschaftlichen Gesellschaft« abgedruckt und von Photographien begleitet sind, dann muss, wie mir scheint, wenigstens insoweit der Wahrheit genügend Rechnung getragen werden, dass nicht aus den aufgestellten Behauptungen bedenkliche Consequenzen für die Wissenschaft und ihre Jünger abgeleitet werden können.

Toaste und Festreden drucken zu lassen, zumal in einem wissenschaftlichen Journal, kann doch nur dann einen Sinn haben, wenn sich in diesen Reden, wie z. B. bei politischen Meetings in England, allgemeine Perspectiven und Umblicke über den jeweiligen Zustand eines bestimmten Gebietes menschlicher Bestrebungen aus-

sprechen, also im vorliegenden Falle speciell der wissenschaftlichen Bestrebungen und Ziele der neueren Chemie.

In der Hoffnung auf eine derartige Bereicherung unserer Kenntnisse würdigten wir den gehaltenen Festreden eine genauere Ansicht.

Allein bereits die Devise der Festkarte:

»Chemici non agunt nisi bibentes.«

stimmte jene Hoffnung bedeutend herab; denn wir glaubten hierin nichts Anderes als eine falsche und für die Fortschritte der Chemie sehr folgenschwere Interpretation des alten Satzes:

In vino veritas

erblicken zu müssen.

Sollten sich die neueren Chemiker zu einer so bedenklichen Auslegung dieses Satzes durch die fruchtlosen Bemühungen Derer haben verführen lassen, welche bestrebt waren, auf dem ernsten und schwierigen Wege einer gewissenhaften Anwendung der inductiven Logik und mathematischen Analysis, die fundamentalen Eigenschaften der Materie zu ergründen, um hierdurch der in ihrer Wissenschaft angestrebten Wahrheit näher zu kommen?

Wären die durch eine derartige Interpretation erschlossenen zwei Wege zur Wahrheit zu gelangen gleichwerthig und könnte je nach dem individuellen Bedürfnisse und der körperlichen Constitution bald der eine oder andere dieser Wege zum Gipfel der Erkenntniss eingeschlagen werden, dann freilich wäre ohne Zweifel der in obiger Devise von den Jüngern der neueren Chemie gewählte der bequemere und für die meisten Menschen auch verlockendere Weg.

Ob die Toaste und Festreden bei der Hofmann-Feier unmittelbar stenographirt oder nachträglich auf Ersuchen des Vorstandes von den Rednern zum Druck eingesandt worden sind, wage ich nicht zu entscheiden. Jedenfalls musste aber doch von den Betheiligten vor dem Drucke eine Correctur gelesen werden, so dass dem Inhalte dieser Reden immerhin eine gewisse, von den Rednern ihnen auch noch nach dem Festabende beigelegte Bedeutung nicht abgesprochen werden darf.

Mit Berücksichtigung dieses Umstandes waren mir für meine Untersuchungen über die Cometen einige Worte des Herrn Prof. A. W. HOFMANN von besonderem Interesse, in denen er uns aus dem Schatze einer zwanzigjährigen Erfahrung einige Mittheilungen über den psychischen Einfluss der Londoner Atmosphäre auf die wissenschaftliche Denkthätigkeit der Gelehrten macht. Die betreffenden Worte lauten folgendermassen (l. c. p. IX): -

»Denken Sie auch, meine Herren, wie gewaltig die tausend Anregungen dieser wunderbaren Stadt, wie uns die Woge des Londoner Lebens in jedem Augenblicke schäumend bis zur Lippe emporschlägt, und wie dieses Leben, was die Forschung an Ergebnissen liefert, mit einer Schnelligkeit verwerthet, dass ein wissenschaftlicher Traum oft Fleisch und Blut geworden ist, ehe wir ihn noch ausgeträumt haben; denken Sie an ein Zusammentreffen all dieser seltenen Bedingungen und Sie fühlen, meine Herren, dass mir der Abschied von Alt-England nicht leicht geworden ist.«

Dieses ebenso offene als dankenswerthe Geständniss des Herrn Prof. HOFMANN beseitigt nun wohl jede noch etwa zurückgebliebene Dunkelheit über die Entstehung der actinischen Cometentheorie von JOHN TYNDALL. Betrachtet man dieselbe als einen in der von HOFMANN geschilderten Weise entstandenen wissenschaftlichen Traum, der Fleisch und Blut geworden, d. h. in Papier und Druck übergegangen ist, ehe er ausgeträumt wurde, so ist jeder Grund zur Verwunderung über den Inhalt dieser Hypothese beseitigt und daher das Causalitätsbedürfniss unseres Verstandes befriedigt.

Es seien mir nun noch einige Bemerkungen über den wesentlichen Inhalt der sonst noch gesprochenen Worte gestattet. Wie schon bemerkt, gipfeln dieselben in der Verherrlichung A. W. HOFMANN's: Indessen ist es auffallend, dass sich durch die ersten neun Reden, wie ein rother Faden, die Bemühungen der Redner hindurchziehen, plausible Motive für die merkwürdige Thatsache aufzufinden, dass Herr Professor A. W. HOFMANN überhaupt unter ihnen weilt, indem er seine glänzende Stellung in England aufgebend wieder nach Deutschland als einfacher Professor zurückgekehrt ist.

Bei dem wissenschaftlichen Character des ganzen Festes und der Anwesenheit so vieler Koryphäen und zahlreicher Vertreter der Wissenschaft beim Mahle war dies nicht anders zu erwarten. Vielleicht glaubte sich Mancher von ihnen sogar berechtigt, hierin wiederum einen schönen Zug jener tief philosophischen Anlage der Deutschen und ihrer ihnen angeborenen Befähigung zur wissenschaftlichen Forschung zu erblicken, mit welcher sie bei der Beobachtung und wissenschaftlichen Analyse irgend einer Erscheinung zuerst nach dem Ursprunge und der Beschaffenheit des Substrates oder des »Dinges an sich« jener Erscheinung fragen. Indessen scheint im vorliegenden Falle die Beantwortung dieser Frage eine sehr schwierige zu sein, indem sich an derselben so viele scharfsinnige Männer, wie mir scheint, ziemlich erfolglos abmühen.

Hier mögen nur wenige Stellen aus den Toasten einiger sachverständigen Redner angeführt werden, welche die Schwierigkeit des zu lösenden Problems deutlich darlegen.

Herr MAGNUS sagt (l. c. p. III):

»Nur wenige Monate später erlag MITSCHERLICH seiner schmerzvollen Krankheit, und nunmehr galt es, solchem Manne einen Nachfolger zu finden. Alle Augen waren alsbald auf HOFMANN gerichtet, und gewiss erinnert sich noch Mancher der Anwesenden, wie er damals gesagt hat:

»»Ja wenn wir HOFMANN gewinnen könnten, dann wäre uns geholfen, allein HOFMANN wird nicht kommen««; denn obwohl die Beziehungen, in welche er zu Bonn getreten war, keinen Zweifel lassen konnten, dass er sein Vaterland nicht vergessen hatte, so wollten doch nur wenige glauben, dass er seine glänzende Stellung in London mit einer einfachen Professur auf deutscher Hochschule vertauschen werde.« . . . . »HOFMANN's liebenswürdiges Wesen verschafft ihm schnell Zutritt in allen Kreisen der Gesellschaft. Die Grossen des Landes, sonst eben nicht ausgezeichnet durch ihre Zugänglichkeit für fremde Elemente, überhäufen ihn mit Artigkeiten jeder Art, und so weit geht die Aufmerksamkeit für ihn, dass eine vornehme Lady, so erzählt man mir, unter seinen Zuhörerinnen in einer seidenen Robe von einem

damals noch sehr seltenen Anilinviolett, also ganz in der Farbe unseres Freundes erscheint.«

»Solches Entgegenkommen, so viel Anerkennung vermochten ihn nicht zu halten. Er gab die Frucht seines zwanzigjährigen Wirkens in London, er gab seine ehrenvollen und einträglichen Aemter mit all den mannigfachen Vortheilen auf, welche die Weltstadt bietet, um bei uns in die Stellung eines einfachen Professors einzutreten.« . . . .

»Was kann ihn nun zu einem solchen Tausche vermocht haben?«

Indem hierauf Herr Professor HOFMANN ebenfalls die ausserordentlichen Ehren- und Gunstbezeugungen hervorhebt, welche ihm in England zu Theil geworden sind und die vom vorigen Redner noch übrig gelassenen Lücken in der Aufzählung jener schmeichelhaften Aufmerksamkeiten gewissenhaft ergänzt, schliesst er mit den Worten (l. c. p. IX):

»Obwohl die Sonnenhöhe des Lebens bereits hinter mir lag, beschloss ich nach Deutschland zurückzukehren, etc.« . . .

Auf die Frage, welche Motive können nun einen welterfahrenen und so situirten Mann bewogen haben, seine glänzende Stellung in England aufzugeben und mit der Stelle eines »einfachen Professors an deutscher Hochschule« zu vertauschen, antwortet Herr MAGNUS l. c. p. V):

»Nach meiner Ansicht nur der reine edle deutsche Sinn, welcher ihm innewohnt. Nicht die Vaterlandsliebe. Für HOFMANN ist England ein zweites Vaterland geworden. Er ist durch ebenso viele Bande an England wie an Deutschland gekettet.«

»Der Engländer — und wie der Einzelne, so die Nation — verfolgt sein Ziel stets unverrückten Auges.« . . . .

»Allein dieser Zug in dem englischen Character bedingt auch, dass die Jugend jenes Landes darauf hingewiesen ist, schnell zu lernen und das Erlernte unmittelbar für das Leben zu verwerthen.«

»Wie ganz anders unsere jungen deutschen Akademiker.« . .

»Bei ihnen ist eine höhere, mehr ideale Auffassung der Dinge vorwaltend.« . . .

»Ein deutscher Lehrer, der selbst vom heiligen Feuer für seine Wissenschaft durchglüht ist, nur vor solchen Zuhörern wird er sich genügen! Nach ihnen hat unseren Freund die Sehnsucht erfasst; sie sind es, die ihn nach Deutschland zurückgeführt haben.«[1])

Diese Interpretation seiner Motive für die Rückkehr nach Deutschland acceptirt im Allgemeinen Herr Professor HOFMANN. Er fasst nur die ihm von seinem Freunde zugeschriebene Mannigfaltigkeit von edlen Empfindungen, namentlich die Sehnsucht nach der höheren und mehr idealen Auffassung der Dinge von Seiten unserer jungen deutschen Akademiker in einen kürzeren Collectivbegriff in Form eines »seltsamen Heimweh's« zusammen, an welchem er während der langen Jahre seines Aufenthaltes in England ununterbrochen gelitten habe.

Die hierauf bezüglichen Worte HOFMANN's lauten nämlich folgendermassen (l. c. p. X.):

»Allein wer auf einer deutschen Hochschule studirt hat, wer, wenn auch nur kurze Zeit, als Lehrer an einer solchen Schule thätig gewesen ist, der fühlt sein Leben lang das seltsame Heimweh, welches Ihnen von meinem Freunde zur Linken in so beredten Worten geschildert worden ist, und welches auch mich während der langen Jahre, in denen jede Beziehung mit dem deutschen Universitätsleben geschwunden war, niemals verlassen hat. Dieses Heimweh hat mich nach Deutschland, welches wie kein anderes das Vaterland der Wissenschaft ist, zurückgeführt.«

Man sieht also aus dieser übereinstimmenden Darlegung der idealen Motive HOFMANN's für seine Rückkehr nach Deutschland, und zwar aus dem Munde zweier sachkundiger Männer, dass der uns Deutschen so oft von anderen Nationen spöttelnd vorgeworfene allzugrosse Idealismus doch zuweilen sein Gutes hat und

---

1) Wie sehr diese schönen Worte den Beifall HOFMANN's gefunden haben, mag man daraus entnehmen, dass er dieselben in einer Schrift »zur Erinnerung an GUSTAV MAGNUS«, welche in demselben Jahrgange (1870) der Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft (p. 993—1098) zum Abdruck gekommen ist, wieder vollständig reproducirt hat.

unter geeigneten Umständen zu sehr nützlichen und practischen Resultaten führen kann. Im vorliegenden Falle verdanken wir ihm die Rückkehr eines der berühmtesten Chemiker der Gegenwart aus England in die Stellung eines einfachen deutschen Professors.

Indessen die Zeiten ändern sich, und mit ihnen die Begriffe, welche mit einzelnen Worten verbunden werden. Vor hundert Jahren zu den Zeiten KANT's und LAMBERT's waren ohne Zweifel die Bedürfnisse eines einfachen deutschen Professors andere als heutzutage, und auch heute verbinden wieder verschiedene Professoren verschiedene Begriffe mit dem unscheinbaren Wörtchen »einfach«.

Diese Verschiedenheit des begrifflichen Inhaltes hängt sowohl von localen als auch von individuellen Verhältnissen ab, die unabänderlich theils durch die Lage und Frequenz der Universität theils durch Antecedentien im Character der Professoren bedingt sind.

So zweifle ich z. B. nicht, dass die Professoren BUNSEN und KIRCHHOFF in Heidelberg oder die Gebrüder WEBER in Leipzig und Göttingen eine andere Vorstellung mit dem Begriffe eines einfachen deutschen Professors verbinden, als Professor A. W. HOFMANN in Berlin.

Aehnlich verhält es sich auch wohl mit der »höheren, mehr idealen Auffassung der Dinge bei unseren jungen deutschen Akademikern«, welche für Herrn Prof. HOFMANN nach der Ansicht seines Freundes MAGNUS das Motiv zum Aufgeben seiner glänzenden Stellung in England geworden ist.

Man sieht hieraus, dass um die volle Tragweite und Bedeutung der oben gepriesenen Uneigennützigkeit und idealen Characteranlage HOFMANN's gehörig schätzen und sie als ein nachahmungswürdiges Vorbild für unsere akademische Jugend hinstellen zu können, zuerst ermittelt sein muss, welchen Begriff Herr Professor HOFMANN mit einer einfachen Professur auf deutscher Hochschule verbindet.

Um mich jedoch bei einer so delicaten Frage nicht dem Vorwurfe einer subjectiven und willkürlichen Interpretation von Thatsachen auszusetzen, erlaube ich mir in Folgendem nur einige von Herrn Professor HOFMANN selbst gesprochene und später in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft veröffentlichte Worte anzuführen.

Der erste Theil ist einer Ansprache entnommen, mit welcher Herr Professor HOFMANN am 15. Mai 1869 die Mitglieder der deutschen chemischen Gesellschaft im grossen Hörsale des neu eröffneten Laboratoriums in Berlin begrüsste.

Dieselbe enthält einerseit eine Uebersicht der zu den chemischen Palästen in Bonn und Berlin geforderten und vom Staate bewilligten Mittel, andererseits den Ausdruck des Bedauerns über die Vereitelung eines solennen Einzuges in das neue Institut. Diese Ansprache ist gedruckt und mit Abbildungen versehen in den erwähnten Berichten 2. Jahrgang (1869) Nr. 10 zu finden und zwar unter der Ueberschrift: »Bericht über den Vereinsabend beim Präsidenten«.

Die auf die Bauten bezügliche Stelle ist die folgende:

»Während die von Herrn DIECKHOFF für das Bonner Institut veranschlagte Summe 123000 Thaler beträgt, erreicht der von Herrn CREMER für den Berliner Bau aufgestellte Voranschlag die Summe von 189000 Thaler. Hierzu kommt noch die Summe von 25000 Thalern für die innere Einrichtung. Rechnet man ferner noch hinzu die von der Regierung der Akademie geleistete Entschädigung von 24000 Thalern und endlich $^2/_3$ der für das neu erworbene Grundstück bezahlten Summe, da nur $^2/_3$ desselben für das Institut verwendet wurde, d. h. also $^2/_3 \times 120000$ oder 80000 Thaler, so gelangt man zu der grossen Summe von 318000 Thalern, welche die Preussische Regierung kein Bedenken getragen hat, für den Bau des Berliner Institutes zu bewilligen.«

Seinem Bedürfniss nach »weissgekleideten Jungfrauen« und »besternten Grosswürdenträgern des Reiches« beim Einzuge in das neue Institut verleiht Herr Prof. HOFMANN in folgenden Worten Ausdruck:

»So ist es denn auch gekommen, dass wir eigentlich ohne Sang und Klang in die Hallen des neuen Tempels eingezogen sind. Keine höchsten und allerhöchsten Herrschaften, in deren Glanz wir uns bei dieser Gelegenheit hätten sonnen können, kein besternter Grosswürdenträger des Reiches mit seinen Räthen, deren Gegenwart unserer Besitzergreifung das Siegel officieller Beglaubigung aufgedrückt hätte, kein blühender Kranz weissgekleideter Jungfrauen, welche uns auf der Schwelle des Heiligthums entgegengetreten wären!

Für alle diese schmerzlichen Entbehrungen werden wir durch den festlichen Besuch der Chemischen Gesellschaft und ihrer Gäste am heutigen Abend schadlos gehalten.«

In den folgenden Worten, welche wiederum bei der Hofmann-Feier gesprochen wurden (p. XI. XII), giebt uns Herr Professor HOFMANN darüber Aufschluss, wie hoch er die Arbeit eines Menschenlebens und dadurch den idealen Gehalt desselben anschlägt. Diese Worte lauten:

»Und ein herrliches Fest ist es! Noch niemals hab' ich die chemische Gesellschaft so zahlreich vereinigt gesehen.« . . .

»Zu meiner Linken hab' ich den treubewährten Freund, dessen herzliche Worte noch in meinen Ohren klingen; den Mann, der auf meine Geschicke einen so bleibenden Einfluss geübt, dem ich es zunächst verdanke, wenn ich heute unter Ihnen weile.«

»Und welche edle Gäste haben mir meine Vereinsgenossen zu diesem Feste mitgebracht.«

»In meiner nächsten Nähe sitzt der Mann, dessen Hand an dem Steuer der verjüngten Germania ruht.«

»Und meinen theuren Freund, den Vertreter des grossen freien Volkes jenseits des Meeres erblick' ich.«

»Und die Grosswürdenträger des Reiches, in wie stolzer Reihe sind sie an dieser festlichen Tafel versammelt.«

»Und unter ihnen, mit welchem Frohlocken begrüsse ich sie, die beiden edlen Männer unter deren Auspicien das grossartige chemische Institut entstanden ist.«

»Wie freut es mich, dem Gefühl der Verehrung und Dankbarkeit, welches mich für sie erfüllt, vor einer so glänzenden Versammlung Ausdruck geben zu können.«

»Und den berühmten Forscher seh' ich dessen Händen im Augenblicke die Geschicke unserer Hochschule anvertraut sind, und die Koryphäen der Wissenschaft, welche die Akademie und die Hochschule mit Stolz und Jubel die ihrigen nennt.«

»Meine Herren! Wie kann ich Ihnen das Gefühl beschreiben, welches mir bei diesem Anblick das Herz bewegt? Die Arbeit eines Menschenlebens, wer gäbe sie nicht willig für einen solchen Augenblick!«

»Und Schlag auf Schlag!
Werd' ich zum Augenblicke sagen:
Verweile doch! du bist so schön! —
Dann magst du mich in Fesseln schlagen,
Dann will ich gern zu Grunde gehn!
Dann mag die Todtenglocke schallen,
Dann bist du deines Dienstes frei,
Die Uhr mag stehn, der Zeiger fallen
Es sei die Zeit für mich vorbei!«

Indem ich es, wie schon bemerkt, bereitwillig dem Leser überlasse, sich auf Grund der mitgetheilten Thatsachen alle oben aufgeworfenen Fragen selber zu beantworten, erlaube ich mir hier nur noch einmal in Erinnerung zu bringen, dass das Hauptthema, welches mich in diesem Theile der vorliegenden Untersuchungen beschäftigt hat, der ursprünglich theoretisch gefundene Satz war:

dass die Qualität der Verstandesfunctionen durch Eitelkeit beeinträchtigt wird.

Ich hielt den deductiven und inductiven Beweis dieses Satzes für die Fortentwickelung aller Wissenschaften auf Erden für so ausserordentlich wichtig, dass ich aufrichtig bemüht war, ihn analytisch und synthetisch an hervorragenden Erscheinungen aus der Gegenwart zu beweisen, welche wenigstens in den Annalen deutscher Wissenschaft schwerlich ihres Gleichen aufzuweisen haben dürften.

Ich vermag nicht zu beurtheilen, in welchem Grade ich durch die gewählte Beweisführung meine Leser überzeugt und den Beifall oder das Missfallen meiner Collegen geerntet habe. Aber weder die Hoffnung auf den ersteren noch die Furcht vor dem letzteren haben bei Ausarbeitung dieser Betrachtungen einen mir bewussten Einfluss auf meine Gedanken und Worte ausgeübt. Das aber wage ich hier mit der festen Zuversicht innigster Ueberzeugung auszusprechen, dass wenn sich die Zeitgenossen gegen Erscheinungen der angeführten Art gleichgültig und indifferent verhalten, wenn sie mir entgegnen sollten, dergleichen Dinge seien eines solchen Aufhebens gar nicht werth, man könne über sie höchstens lächeln und stillschweigend die Achseln zucken — dann müssen die begeisterten Worte SCHILLER's, welche er beim Anbruch dieses Jahrhunderts

ehrend und ermuthigend zugleich den Trägern unserer Cultur zurief:

»der Menschheit Würde ist in eure Hand gegeben«

als ein Anachronismus für die Gegenwart gestrichen werden. Dann mögen Geschichtsschreiber kommender Geschlechter jene Erscheinungen getrost zu registriren haben als die ersten Zeichen des beginnenden Verfalls Deutscher Sitte in Deutscher Wissenschaft.

Denn die Entwickelungsphasen der Nationen stimmen in ihren Grundzügen in ähnlicher Weise überein wie diejenigen der Individuen. Nur der Reichthum, die Dauer und die Tiefe sowohl der Entwickelung und Blüthe als auch des Verfalles und Unterganges sind verschieden: aber die fördernden und zerstörenden Kräfte bleiben dieselben.

IV.

APHORISMEN

ZUR

GESCHICHTE UND THEORIE

DER

ERKENNTNISS.

„Die Menschen sind geneigt zu glauben, dass sie jedes Buch, worin nichts von krummen Linien und algebraischen Formeln vorkommt, lesen könnten, sobald sie die Sprache verständen, worin es geschrieben ist. Es ist aber grundfalsch!"

LICHTENBERG.
1778.

„Welche wohl bleibt von allen den Philosophien? Ich weiss ni
Aber die Philosophie, hoff' ich, soll ewig bestehn!"

SCHILLER.

Pape's und Winnecke's
Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Cometen.

Die glänzende Erscheinung des DONATI'schen Cometen im Jahre 1858 hat die oben genannten Astronomen veranlasst, sehr werthvolle Beobachtungen über die physische Beschaffenheit dieses Cometen zu sammeln und dieselben theils mit den theoretischen Untersuchungen BESSEL's über den HALLEY'schen Cometen zu vergleichen, theils selbständige Betrachtungen über die physischen Ursachen einzelner Erscheinungen anzustellen.

WINNECKE hat ausserdem das Beobachtungsmaterial noch durch ähnliche Untersuchungen an dem hellen Cometen von 1862 vervollständigt, so dass es für die von mir entwickelte Theorie der Cometenphänomene von grosser Wichtigkeit ist, diese neueren Thatsachen den allgemeinen Principien jener Theorie zu unterwerfen. [1])

Zu diesem Zwecke werde ich mir erlauben, in Folgendem die characteristischen Stellen aus jenen Arbeiten wörtlich zu citiren, um bei denjenigen, welche nicht unmittelbar durch Bestätigung BESSEL-scher Beobachtungen am HALLEY'schen Cometen durch das Vorher-

---

1) Der Inhalt der hier erwähnten Arbeiten von PAPE und WINNECKE ist mir erst nach dem Drucke meiner Abhandlung genauer bekannt geworden, so dass meine theoretischen Anschauungen in keiner Weise hierdurch bestimmt werden konnten. Das Citat der Arbeit PAPE's auf S. 158 habe ich erst während der Correctur des betreffenden Druckbogens beigefügt.

gehende ihre theoretische Erledigung finden, das hierzu Erforderliche zu bemerken. Die den einzelnen Citaten beigesetzten Zahlen geben die Seitennummern der betreffenden Abhandlungen an.

Untersuchung über die Erscheinungen des grossen Cometen von 1858. *Von C. F. Pape.*

(Astronomische Nachrichten No. 1172—1174.)

(309) »Die Erscheinung eines so glänzenden und in seiner Entwickelung so lehrreichen Cometen, wie die des grossen von Donati entdeckten, muss nothwendig die Aufmerksamkeit auf diejenigen Gegenstände richten, deren Betrachtung und sorgfältige Untersuchung im hohen Grade geeignet ist, unsern Kenntnissen über die Natur dieser Weltkörper und über die Kräfte, welche ihre Entwickelung hervorrufen, festern Boden zu gewinnen. Unser Comet zeigte im Verlauf seiner Sichtbarkeit Erscheinungen, die mit denen früherer Cometen — ich nenne hier nur den von Heinsius beschriebenen grossen Cometen von 1744 und den Halley'schen Cometen von 1835 — eine so überraschende Aehnlichkeit hatten, dass schon die Vergleichung derselben reichen Stoff zu ferneren Betrachtungen bietet.«

(310) »Ich füge diesem Aufsatz eine Reihe von Abbildungen des Cometen hinzu. Die erste Gruppe zeigt den Schweif des Cometen in seiner allmäligen Entwickelung. Die Figuren sind von meinen Zeichnungen copirt, die unmittelbar von den in Argelander's Atlas eingetragenen Umrissen des Cometen vermittelst Durchzeichnung übertragen sind. Die Configuration der Sterne ist eine möglichst getreue Copie der Umgebung des Cometen nach Argelander's Karten. Die zweite Gruppe von Abbildungen giebt die Erscheinung des Cometen bei verschiedenen (144 bis 216-ff.) Vergrösserungen eines 4-füssigen Fraunhofer. Ich habe aus meinen Zeichnungen diejenigen ausgewählt, welche in ihrer Reihenfolge am deutlichsten die Entwicklung der Ausströmung ze igen.«

Von den hier erwähnten Zeichnungen habe ich mir nur erlaubt diejenige zu reproduciren (Tafel VI), welche eine merkwürdige

Störung in der Regelmässigkeit der Schweifcurve am 9. October zeigt.

PAPE beschreibt diese Erscheinung mit folgenden Worten:

(317) »Der Schweif gewährte einen eigenthümlichen Anblick. In etwa 24° Abstand vom Kern trat aus der vorangehenden convexen Seite eine helle Lichtsäule etwa 30′ links von ε Coronae hervor, die ich mehrere Grade weit ausserhalb des Schweifes verfolgen konnte. Ihr Licht war heller als das der nächstgelegenen Schweiftheile, so dass man sie bis tief in den Schweif hinunter wahrnehmen konnte. Auf beiden Seiten war sie von ähnlichen, aber schwächeren und kürzeren Säulen umgeben, die auf der linken Seite die Grenze des Schweifes durchbrachen und ihr ein unregelmässiges Ansehen gaben, auf der rechten dagegen sich allmälig mit dem hellen Schweifgrunde vermischten, auf den sie sich projicirten. Der Schweif war hierdurch in zwei Theile getheilt, einen untern hellern und schmalen und einen oberen sehr diffusen und ausgebreiteten. Der heutige Abend gewährte überhaupt die grossartigste Erscheinung des Schweifes, dessen äusserste, noch mit Mühe wahrnehmbare Grenze, der Rechnung zufolge, 50° eines grössten Kreises vom Kern entfernt war. Ich habe versucht, die heutige Erscheinung durch eine Zeichnung wiederzugeben.«

In wie weit diese merkwürdigen Erscheinungen durch die oben p. 124 ff. angedeuteten Ursachen eine physikalische Erklärung finden könnten, lasse ich dahingestellt.

(320. 321) »Das Interessanteste, was der DONATI'sche Comet gezeigt hat, war unstreitig die helle, halbkreisförmige Ausstrahlung auf der Sonnenseite des Kerns und deren allmählige Entwickelung. Erregte die Erscheinung selbst schon in hohem Grade unsere Aufmerksamkeit, so musste dieselbe noch erhöht werden, wenn man mit dem hier Gesehenen die Beschreibung früherer Cometen zusammenhielt. Jedem, der Gelegenheit hatte die 8 vortrefflichen HEINSIUS'schen Zeichnungen des Cometen von 1744 mit dem Aussehen unseres Cometen zu vergleichen, musste die ausserordentliche Aehnlichkeit beider auffallen. An einzelnen Tagen hätte man mit geringen Aenderungen eine der Zeichnungen von HEINSIUS für eine Abbildung unseres Cometen ausgeben können.

Auch die Entwickelung, welche sich in den Figuren der Ausströmung bei HEINSIUS zeigt, passt genau auf den DONATI'schen Cometen. Der dritte Comet, welcher sich diesen beiden anschliesst, ist der HALLEY'sche in seiner Erscheinung im Jahre 1835, derselbe, dessen eigenthümliche Erscheinungen BESSEL in seiner classischen Abhandlung (Astr. N. Bd. 13. Seite 185) so meisterhaft dargelegt und erklärt hat. Der HALLEY'sche Comet hat bekanntlich Aenderungen in der Richtung seiner Ausströmung gezeigt, deren Beobachtungen BESSEL durch eine Schwingung von beständiger Periode dargelegt hat, und deren Erklärung ihn zur Annahme einer von der Sonne aus auf den Cometen wirkenden Polarkraft geführt hat. Wegen der Aehnlichkeit der Erscheinung vermuthet BESSEL bei dem Cometen von 1744 ähnliche Schwingungen und sieht die Entwickelung seiner Ausströmung als einen neuen Beweis des Vorhandenseins einer Polarkraft an. Unser Comet würde aus demselben Grunde zu gleichen Schlüssen Veranlassung geben.

In der That hat eine sorgfältige Verfolgung der Richtung der Ausströmung die Thatsache festgestellt, dass diese Richtung allmäligen Schwankungen unterworfen war. Indessen war die Schwierigkeit bei der ausgebreiteten, zum Theil verwaschenen und unregelmässigen Figur des Ausströmungssectors, eine bestimmte Richtungslinie aufzufassen, so gross, dass man sich nicht wundern kann, wenn die Messungen verschiedener Beobachter constante oder auch schwankende Differenzen geben. Die Folge dieser Unsicherheit ist nur die, dass die Beobachtungen das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Schwingungsperiode nicht erkennen lassen werden; über das Dasein einer Veränderung der Richtung lassen sie keinen Zweifel.«

Indem PAPE eine Zusammenstellung der Winkelwerthe $u^0 - u$ bezüglich einer schwingenden Bewegung der Ausströmung vergleicht, bemerkt er:

(325. 326) »Die genaue Ansicht des Ganges dieser Zahlen hat auf mich den Eindruck gemacht, als ob etwa Anfang October eine plötzliche Störung die bisherige Richtung ganz geändert habe. Ich erinnere hier an die dunklen veränderlichen Spalten, die von allen mit starken Fernröhren ausgerüsteten Beobachtern im Sector

in den Tagen vom 3. bis 8. October wahrgenommen sind. Es ist möglich, dass zur Zeit des Perihels die Ausströmung verschiedenartiger Materien, die bei der allmäligen Annäherung des Cometen zur Sonne sich vielleicht mehr und mehr absonderten, Störungen in der gewöhnlichen Form des Sectors hervorgebracht hat, durch die es uns unmöglich gemacht ist einen regelmässigen Gang seiner Richtungsänderungen zu erkennen.

Das Resultat der Untersuchung beider Messungsreihen ist somit in Bezug auf das, was gesucht wurde, negativ ausgefallen. Es wäre jedoch sehr gewagt, hieraus schliessen zu wollen, dass überall keine Schwingungen vorhanden gewesen seien. BESSEL hat in seiner Abhandlung (A. N. Bd. 13, p. 200) darauf aufmerksam gemacht, dass die Schwingungen der Ausströmung nicht etwa durch das Ausströmen von verschiedenen Puncten des Kerns zu erklären sind, sondern ihren Grund nur in den Schwingungen des Kernes selbst finden. Diese, für den HALLEY'schen Cometen gültige Erklärungsweise findet auch bei unserm, jenem in vielen Beziehungen so ähnlichen Cometen Anwendung. Bei dem HALLEY'schen Cometen machte die Form der Ausströmung, die sich als ein schmaler langgestreckter Büschel zeigte, es leicht, aus ihren Schwingungen unmittelbar die des Kerns zu erkennen. Bei unserm Cometen fand das Gegentheil statt. Die Ausströmung erstreckte sich über einen Bogen von mehr als 180°, ihre ungleiche Helligkeit und zum Theil unregelmässige Figur machte es fast unmöglich, eine bestimmte Richtung derselben aufzufassen. Dass wir dennoch Richtungsveränderungen, deren Vorhandensein Niemand bestreiten wird, der den Cometen einige Abende hindurch verfolgte, wahrgenommen haben, macht es doch wahrscheinlich, dass die Richtung des Kernes Aenderungen unterworfen war, die sich, nur mehr verdeckt, durch die der Ausströmung kenntlich machten. Hierdurch scheint mir aber auch eine Schwingung des Kernes und zugleich die Wirkung einer Polarkraft auf unsern Cometen wahrscheinlich gemacht.«

Mit Rücksicht auf die erwähnte Ausströmung »verschiedenartiger Materien« zur Zeit des Perihels erlaube ich mir meine oben (p. 147) für ähnliche Erscheinungen versuchte Erklärung zu citiren:

»Mit Annäherung des Cometen an die Sonne werden die Strömungen und Siedeprocesse in immer grössere Tiefen der flüssigen Masse des Kernes eindringen und hierdurch Stoffe an die Oberfläche führen, deren Verdampfung früher durch darüber befindliche Schichten verhindert war.«

Wie die Polarkraft durch die von mir berücksichtigte Reaction des Dampfstrahls auf die bewegliche Flüssigkeitsoberfläche ersetzt werden kann ist oben (p. 153—158) gezeigt.

Die bereits in einigen der angeführten Stellen hervorgehobene, grosse Aehnlichkeit der wesentlichsten und characteristischen Erscheinungen des beobachteten Cometen mit dem HALLEY'schen Cometen und namentlich mit den von HEINSIUS gegebenen Abbildungen findet nun auch in den folgenden Worten ihren Ausdruck, und ist jedenfalls ein Beweis für die Gleichartigkeit der wesentlichsten physikalischen Bedingungen, unter welchen die Cometenphänomene sich entwickeln.

(327. 328) »Ich will hier gleich noch eine weitere auffallende Aehnlichkeit erwähnen, die bei der Figur der Ausströmung beider Cometen Statt fand und einer weitern Untersuchung werth ist. Zur Zeit der ersten Entwickelung der Ausströmung war dieselbe in der Richtung gegen den Scheitel der Coma verwaschen, der Anblick war der einer unmittelbaren Ausströmung vom Kern aus in die Coma und dann mit veränderter Richtung in den Schweif. So sah ich die Ausströmung noch Septbr. 22. Am 28. Septbr. hatte sich dagegen der scharf begrenzte Sector gebildet, den andere Astronomen schon einige Tage früher gesehen haben und den ich, jedoch nicht mit gleicher Schärfe der Begrenzung, bis zum 12. Octbr. mit Sicherheit wahrgenommen habe. Die Vergleichung der Werthe des Halbmessers dieses Sectors an verschiedenen Tagen zeigt nun, dass vom 1. bis etwa zum 10. Octbr. eine beständige Zunahme derselben stattgefunden hat (die sich nicht durch die allmälige Annäherung des Cometen zur Erde allein erklärt), so dass der Halbmesser am 9. oder 10. Octbr. etwa doppelt so gross war als am 1. Octbr. Diese beiden Erscheinungen finden sich nun ganz ähnlich bei dem Cometen von 1744. Vergleicht man die Figuren, welche HEINSIUS für den 31. Januar giebt, mit denen vom 8., 9. und 16. Februar, so wird man dieselbe Veränderung

der Ausströmung und in den letzten Figuren dieselbe scharfe Begrenzung des Sectors finden. Auch die Zunahme des Halbmessers geht unmittelbar aus seinen Zeichnungen hervor. Vergleicht man hiermit noch die Figur, welche Bessel am 22. Octbr. vom Halley'schen Cometen entworfen hat, so scheint es, als ob diese scharf begrenzte Form den drei Cometen gemein gewesen ist, und ihre Erklärung in einer und derselben Ursache findet. Bessel hat sich hierüber nicht ausgesprochen. Hoffentlich werden aber die Beobachtungen dieser Erscheinung bei unserm Cometen, deren vollständige Mittheilung noch abzuwarten ist, den wahren Grund derselben auffinden lassen. Die specielle Erledigung dieser Sache gehört aber bei der Natur der hier in Frage kommenden (vielleicht electrischen) Kräfte, mehr der Physik als der Astronomie an.«

Die folgenden Worte beziehen sich auf die Richtung des Schweifes zur Richtung des Radiusvector in der Ebene der Bahn.

(330. 331) »Nimmt man aus allen ein Mittel, so erhält man mit Rücksicht auf die Anzahl der Beobachtungen $u^0 - u' = + 6^0 18'$. Um diesen Winkel war also die Anfangsrichtung des Schweifes in der Ebene der Bahn gegen die Verlängerung des Radiusvector rückwärts geneigt. Dies Resultat scheint mir sehr interessant, indem seine Vergleichung mit den obigen Mittelwerthen zeigt, dass im Verlauf der hier betrachteten Erscheinung, also seit der Entstehung der Ausstromung, die Anfangsrichtung des Schweifes mit der Richtung zur Sonne in der Ebene der Bahn einen constanten oder doch sehr nahe constanten Winkel gebildet hat. Eine allmälige geringe Zunahme scheint angedeutet, indessen kann man die unter den einzelnen Mittelwerthen vorkommenden Abweichungen füglich der Unsicherheit der Beobachtungen zuschreiben.«

»Es ist mir nicht bekannt, dass man bislang bei irgend einem andern Cometen diese Beständigkeit der Richtung des Schweifes und ihre Beziehung zur Bahnebene nachgewiesen hat. In der letzten Zeit hat man häufiger auf diese Richtung geachtet und es wird von Interesse sein, in der Folge jedesmal die Lage derselben in der Ebene der Bahn zu bestimmen. Auf die Beständigkeit dieses Winkels bei unserm Cometen werde ich weiter

unten, bei der Betrachtung der übrigen Verhältnisse des Schweifes, wieder zurückkommen.«

Sehr bemerkenswerth ist die folgende Stelle, welche die Verdienste von OLBERS und BESSEL um die Theorie der Cometenerscheinungen in präciser und übersichtlicher Fassung ihrer ganzen Tragweite nach übersehen lässt.

(331. 332) »Der glänzenden Erscheinung des grossen Cometen von 1811 verdanken wir eine Hypothese über die Bildung der Cometen-Schweife, die OLBERS in seinem vortrefflichen Aufsatze über den Schweif dieses Cometen [1]) aufgestellt und durch Gründe gestützt hat. OLBERS setzt voraus, dass der Kern des Cometen Theilchen in der Richtung zur Sonne von sich stosse, und dass eine abstossende Kraft der Sonne auf dieselben Theilchen wirke, die nun in Folge dieser doppelten Wirkung Bahnen beschreiben, welche uns in den Schweifen der Cometen sichtbar werden. Die Analogie der Erscheinung führt OLBERS noch auf die Vergleichung dieser supponirten Repulsivkräfte mit den electrischen Kräften. Die OLBERS'sche Hypothese erklärt am einfachsten die beobachteten Erscheinungen; sie ist auch die einzige, welche man bislang durch Theorie verfolgt hat.«

»BRANDES hat zuerst auf diese Hypothese theoretische Betrachtungen gegründet. [2]) Er bestimmt zuerst diejenige Curve, in der die Kräfte des Cometen und der Sonne sich das Gleichgewicht halten, mit besonderer Betrachtung der eigenthümlichen Form des Cometen von 1811; dann aber sucht er, unter Voraussetzung, dass Sonne und Comet im Weltraum ruhen, die Bahn, in welcher ein frei sich bewegendes Theilchen im Schweife fortgetrieben wird. BRANDES hat später einige Rechnungen über die Figur des Schweifes dieses Cometen veröffentlicht; [3]) es ist mir jedoch nicht bekannt, dass er oder irgend ein anderer Astronom in den nächsten 20 Jahren, welche auf die Erscheinung des grossen Cometen von 1811 folgten, weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt hat.«

1) Monatl. Correspond. Bd. 25. p. 1.
2) Monatl. Correspond. Bd. 26. p. 533.
3) Zeitschrift für Astronomie von LINDENAU und BOHNENBERGER. Bd. I.

»Die Wiederkehr des HALLEY'schen Cometen im Jahre 1835 führte BESSEL auf die Betrachtung dieser Erscheinungen und zugleich auf die Verfolgung und weitere Ausführung der OLBERSschen Hypothese. BESSEL verdanken wir eine vollständige Theorie aller Erscheinungen, die von ihm bei HALLEY's Cometen wahrgenommen wurden. Unter denselben Voraussetzungen, welche bei diesem Cometen stattfanden, kann man sie auf alle Cometenerscheinungen anwenden. BESSEL nimmt an, dass die Wirkung der abstossenden Kraft der Sonne in verschiedenen Puncten der Bahn den Quadraten ihrer Abstände umgekehrt proportional sei, und dass die Schweiftheilchen, nachdem sie mit gegebener Geschwindigkeit und in gegebener Richtung aus der Wirkungssphäre des Cometen ausgetreten sind, als frei sich bewegende Puncte zu betrachten sind, die in Folge der beständigen Wirkung der Sonnenkraft die Schweifcurve beschreiben. Indem er nur ihre Bewegung ausserhalb der Wirkungssphäre des Cometen betrachtet, ist natürlich die Untersuchung derselben in unmittelbarer Nähe des Kerns ausgeschlossen. BESSEL hat es aber wahrscheinlich gemacht, dass wenigstens bei HALLEY's Cometen diese Wirkungssphäre eine sehr kleine Grösse ist. Die zweite Voraussetzung schliesst die Annahme einer Kraft aus, durch die die Theilchen abstossend auf einander wirken könnten. Sollte eine solche Wirkung unmittelbar nach ihrem Ausströmen aus dem Kerne vorhanden sein, so würde sie sich nach ihrem Aufsteigen in den Schweif wohl mehr und mehr verwischen; auch scheint es unmöglich, diese Kraft durch Beobachtungen zu bestimmen. BESSEL hat sie bei seiner Theorie ganz unberücksichtigt gelassen.«

»Eine dritte Voraussetzung bei Anwendung der BESSEL'schen Theorie ist die, dass die Bewegung der Schweiftheilchen durch das Medium, in welchem sie forteilen, keinen erheblichen Widerstand erleidet. Die Beschleunigung der Umläufe des ENCKE'schen Cometen lässt sich durch einen Widerstand des Aethers erklären, den der Comet nur in den der Sonne sehr nahen Theilen seiner Bahn erleidet. In erheblich grössern Abständen, also in der Entfernung, in welcher sich die Schweiftheilchen unsers Cometen befanden, wird diese Wirkung, wenn sie überhaupt vorhanden ist, sehr viel geringer sein. Vergleicht man nun die grosse

Helligkeit des Schweifes beim DONATI'schen Cometen mit der geringen des ENCKE'schen Cometen, die wenigstens näherungsweise einen Schluss auf die Dichtigkeit beider Stoffe gestattet, so wird man doch zu dem Schluss kommen, dass der Einfluss eines Widerstandes des Aethers nicht so gross sein wird, dass er die, ohne seine Berücksichtigung erhaltenen, Resultate wesentlich modificiren kann. Uebrigens würde es auch gegenwärtig wohl unmöglich sein, den Einfluss eines widerstehenden Mittels auf die Bewegung der Schweiftheilchen der Rechnung zu unterziehen.«

Die folgenden Worte theile ich mit, weil sie einen Fehler in den BESSEL'schen Ableitungen der oben p. 60 mitgetheilten Ausdrücke für η und tang φ verbessern.

(335) »Für sehr grosse Werthe von ξ kann man nun in Gleich. (8) das zweite Glied bb, vergleichungsweise mit dem ersten, als sehr klein ansehen und erhält also als Näherungswerth:

$$R = \sqrt{2c\xi}.$$

Substituirt man diesen Werth, so ergiebt sich:

$$\eta = g \sin G \frac{r}{\sqrt{(1-\mu)}} \sqrt{(2\xi)} - g \sin G \frac{2re \sin v}{3\sqrt{p}} \cdot \frac{\sqrt{(2\xi)}}{(1-\mu)} + \frac{\sqrt{p}}{3r} \frac{(2\xi)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{(1-\mu)}} \quad (11)$$

Das zweite Glied dieses Ausdrucks ist bei BESSEL mit Weglassung des Factors $\frac{1}{1-\mu}$ irriger Weise $= - g \sin G \frac{2re \sin v}{3\sqrt{p}} \sqrt{(2\xi)}$ gesetzt. Dieser Fehler ist auch auf die folgende Gleichung übergegangen. Jedoch ist er bei der Anwendung dieser Gleichung zur Bestimmung der abstossenden Kraft der Sonne aus der Beobachtung des Schweifes des HALLEY'schen Cometen ohne Einfluss gewesen, indem diese aus dem letzten Gliede der Gleichung allein abgeleitet wurde. Dividirt man die Gleichung (11) durch ξ, so erhält man die Tangente des Winkels, welchen die Richtung vom Kerne nach einem Puncte der Schweifcurve in der Ebene der Bahn mit der Verlängerung des Radiusvectors bildet. Bezeichnet man diesen Winkel mit φ, so wird:

$$\text{tang}\, \varphi = g \sin G \left\{ \frac{r \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{(1-\mu)} \sqrt{\xi}} - \frac{4 re \sin v}{3 \sqrt{p} (1-\mu)} \right\} + \frac{2\sqrt{2p}}{3r} \frac{\sqrt{\xi}}{\sqrt{(1-\mu)}} \quad (12)$$

Pape hat in den §§. 7 und 8 die Bessel'sche Theorie auf seine Beobachtungen über die Lage des vorangehenden und nachfolgenden Schweifrandes des Cometen angewandt und fasst das Resultat dieser Untersuchungen in folgenden Worten zusammen

(342) »Das allgemeine Resultat der vorstehenden Vergleichung scheint mir sehr merkwürdig. Die Substitution zweier, die Grenzcurve des Schweifes bestimmenden, Constanten in die Gleichung dieser Curve, giebt, für die ganze Dauer der hier betrachteten Erscheinung, diese Curve so nahe, dass die übrig bleibenden Unterschiede zum grossen Theil nur der Unsicherheit der Beobachtungen und dem Einfluss ungünstiger Umstände zur Last fallen. Es zeigt sich ferner, dass aus den Beobachtungen der Grenzcurven die Kräfte, welche dieselben bestimmen, mit erheblicher Sicherheit abgeleitet werden können, und endlich, dass diese Kräfte während der Dauer der Erscheinung ganz, oder nahe constant gewesen sind.«

Ueber die secundäre Schweifentwickelung und die Störungen, auf welche sich die Beobachtungen vom 9. bis 12. October beziehen, wird nach Anwendung der Bessel'schen Theorie Folgendes bemerkt:

(345) »Aus dieser Untersuchung scheint mir nun Folgendes hervorzugehen. Der Kern des Cometen hat nach und nach verschiedenartige Theilchen ausgestossen, die einer ganz verschiedenen Wirkung der Sonne unterworfen waren. Nach ihrem Austritt aus der Wirkungssphäre des Cometen bewegten sich diese Theilchen anfänglich gemeinsam im Hauptschweif aufwärts. In grösserer Entfernung vom Kerne, wo der Unterschied der Richtungen der durch verschiedene Kräfte bewegten Theilchen auffallender hervortrat, trennten sich die stärker abgestossenen von den übrigen nach der Richtung hin, wohin der Comet sich bewegte. Hierdurch musste sich genau die Erscheinung zeigen, welche wir am 8., 9. und 10 Octbr. wahrnahmen; auch die plötzliche Biegung der vorangehenden Schweifcurve in der Nähe des Kerns liesse sich hierdurch erklären.«

»Am 12. Octbr. war die Erscheinung dadurch verändert, dass der Hauptschweif ausserordentlich verkürzt erschien. Die Krümmung seines vorangehenden Randes vermischte sich in den unteren

Theilen mit der des weniger gekrümmten Nebenschweifes, dessen nachfolgender Rand sich dagegen deutlich abhob. Der aus der vorangehenden Curve abgeleitete Werth von $\alpha = 1.342$ ist daher weder mit dem für den Hauptschweif gefundenen, noch mit dem für Octbr. 9 und 10 geltenden zu vereinen. Aus dem nachfolgenden Rande würde ein erheblich kleinerer Werth von α, etwa $\alpha = 1$, folgen, was sich sehr nahe an den, Octbr. 9 und 10 gefundenen, Werth anschliesst.«

Die drei §§. 10, 11, 12, welche den Schluss der Arbeit bilden, mögen hier ihrer Wichtigkeit und Anregung wegen vollständig mitgetheilt werden:

(345 bis 354) »In Pulkowa ist von Herrn Dr. Winnecke, in Göttingen von Herrn Prof. Listing und Herrn Auwers noch ein gerader, schmaler und sehr schwacher Nebenschweif gesehen worden, der mir und vielen andern Beobachtern ganz entgangen ist. Nach den von den Herren Prof. Listing und Auwers gegebenen Beschreibungen in Nr. 1167 der A. N. lag dieser Schweif nahezu in der Verlängerung des Radiusvector; die ihn bildenden Theilchen mussten also einer ausserordentlich starken abstossenden Kraft der Sonne unterworfen sein. Die in Nr. 1167 enthaltenen Angaben sind hinreichend, um aus ihnen für einige Tage die Lage des Schweifes, und aus dieser die für ihn geltenden Grössen α und β abzuleiten. Für den Endpunct des Schweifes habe ich aus jenen Angaben folgende Bestimmungen entnommen, denen ich die Angaben für φ und ξ hinzufüge:

M. B. Z.		α 1858.0	δ	φ	ξ
Oct.	1.350	210° 30′	+ 52° 0′	14° 29′	0.2947
	4.322	228 9	+ 48 57	16 9	0.3117
	10.278	257 11	+ 24 58	19 34	0.3014

Die für diese Puncte geltenden Gleichungen sind:

Oct. 1 $9.41214 = \beta\,(0.17882\,\alpha - 8.72997\,\alpha^2) + 9.97743\,\alpha$

4 $9.46177 = \beta\,(0.17212\,\alpha - 9.23152\,\alpha^2) + 9.98412\,\alpha$

10 $9.55075 = \beta\,(0.20523\,\alpha - 9.59675\,\alpha^2) + 9.95102\,\alpha$

Nimmt man an, dass die obigen Puncte für die Endpuncte der Achse dieses Schweifes gelten können, so wird in diesen Gleichungen $\beta = 0$, und man erhält für α die folgenden Werthe:

$$\begin{aligned} \text{Oct.}\ \ 1\ \ \alpha &= 0.272 \\ 4\ \ \alpha &= 0.299 \\ 10\ \ \alpha &= 0.398 \end{aligned}$$

Für den 10. Octbr. liegt mir eine von Herrn AUWERS mitgetheilte Zeichnung des Schweifes vor, in der die Breite desselben an seinem Ende etwa einen Grad beträgt. Mit dieser Angabe kann man die Grenzen von $g \sin G$ aus der für Octbr. 10 geltenden Gleichung ableiten. Legt man sie der Rechnung zu Grunde, so erhält man als Grenzen von β oder $g \sin G \pm 0.067$.

Der obige Werth von α entspricht einer ausserordentlich grossen abstossenden Kraft der Sonne. Nehme ich die für den 10. Octbr. geltende Angabe als die sicherste an, da ich die ihr zu Grunde liegende Beobachtung aus der von Herrn AUWERS gegebenen Zeichnung selbst entnehmen konnte, so erhalte ich, mit $\alpha = 0.398$, $(1 - \mu) = 6.317$ und $\mu = -5.317$.

Vergleicht man diesen Werth von μ mit dem vorhin für den Hauptschweif abgeleiteten, so ist man genöthigt, eine ausserordentliche Verschiedenheit der vom Kern ausgestossenen Theilchen anzunehmen. Will man dagegen die Annahme, dass die Sonne diese Theilchen mit sehr verschiedener Intensität abgestossen habe, nicht gelten lassen, so ist man zu der zweiten Annahme genöthigt, dass die Theilchen von sehr verschiedenem specifischen Gewicht waren und sich daher in dem zur Sonne gravitirenden Aether mit ungleicher Geschwindigkeit aufwärts bewegten. In diesem Falle würde die gewöhnliche Anziehung der Sonne die Erscheinungen erklären. In beiden Fällen gelangt man aber zu dem Schluss, dass der Comet Theilchen von sehr ungleicher Beschaffenheit ausgestossen hat.

Vergleicht man die verschiedenen, für den Hauptschweif abgeleiteten, Werthe von β unter einander, so scheint es, als ob im Laufe der Erscheinung die zum Radiusvector senkrechte Componente der Ausgangsgeschwindigkeit sich etwas verändert hat. Die in den ersten Tagen abgeleiteten Werthe sind im Allgemeinen

kleiner als die späteren; dies deutet vielleicht darauf hin, dass bei zunehmender Ausdehnung des Umfangs der Ausströmung, also bei Zunahme des Winkels G, auch die Componente $g \sin G$ gewachsen ist. Es würde dies gegen die BESSEL'sche Annahme sprechen, nach welcher das Product $g \sin G$ eine Constante wird. Von der Unzulänglichkeit dieser Annahme, bei unserm Cometen, kann man sich aber noch auf einem andern Wege überzeugen.

Zwischen der Kraft, mit welcher die Sonne auf die vom Cometen ausgestossenen Theilchen wirkt, und zwischen der Entfernung des Nebels auf der Sonnenseite des Kerns besteht ein bestimmtes Verhältniss. Bezeichnet ε die beobachtete Entfernung des Nebels auf der Sonnenseite, so gilt für Theilchen, die in der Richtung des Radiusvector ausstromen, für die also G und $F = 0$ ist, die Gleichung

$$\varepsilon = f + \frac{rrgg}{2(1-\mu)}\text{ [1]}$$

Ist $(1-\mu)$ bekannt und ε durch Beobachtung gegeben, so kann man aus dieser Gleichung, wenn man f oder den Radius der Wirkungssphäre vernachlässigt, g, also die Ausstromungsgeschwindigkeit in der Richtung zur Sonne, ableiten.

Nehme ich an, dass die grosste Entfernung, in der man auf der Sonnenseite des Kerns noch Nebel wahrnehmen konnte, am 5. Octbr. etwa 4′ betragen habe, so wird $\varepsilon = 0.000679$. Setze ich für $(1-\mu)$ seinen aus dem Mittelwerth von α abgeleiteten Werth 0.379, so wird, mit $\log r = 9.77158$, $g = 0.038$. Vergleicht man diesen Werth von g mit dem früheren Mittelwerthe von $g \sin G$, 0.140, so muss man annehmen, dass der Comet in grösseren Winkeln mit dem Radiusvector die Theilchen mit grösserer Geschwindigkeit ausgestossen habe, was mit dem vorhin aus der allmäligen Zunahme von $g \sin G$ abgeleiteten Resultate harmonirt. Diese Annahme findet jedoch nur statt im Falle der unbedingten Richtigkeit der obigen Gleichung. Sobald die nach der Sonne zu ausstromenden Theilchen etwa in dem Nebel der Coma auf Widerstand gestossen sind, oder sobald die Wirkungssphäre des Cometen nicht sehr klein gewesen ist, wird der ge-

1) BESSEL's Abhandlung Astr. Nachr. Bd. 13. p. 217.

fundene Werth von g und zugleich die aus ihm folgende Annahme unrichtig.

Nimmt man nun an, dass für den Werth — 0.140 von $g \sin G$ der Winkel G sehr nahe ein rechter gewesen ist, was mit der beobachteten Form der Ausströmung, die sich etwa von $+ 90^0$ bis $- 90^0$ erstreckte, gut übereinkommt, so würde hiermit $g = 0.140$. Dieses g bezieht sich auf die Zeiteinheit $\left(\frac{1}{k}\right.$ oder 58.13244 Tage$\left.\right)$; wählt man als Zeiteinheit den Tag, so wird $g = 0.002409$. Dieser Werth entspricht einer Geschwindigkeit von etwa 0.58 geogr. Meilen in einer Secunde. Mit dieser Geschwindigkeit traten die im äussersten vorangehenden Rande des Schweifes befindlichen Theilchen aus der Wirkungssphäre des Cometen.

Die Annahme, dass diese Theilchen sich unter einem Winkel von $- 90^0$ gegen den Radiusvector vom Cometen entfernten, giebt Gelegenheit zu einer genäherten Bestimmung der Zeit, welche sie gebrauchten, um zu irgend einem beobachteten Puncte im Schweife zu gelangen. Zu dieser Bestimmung wähle ich den Punct, dessen AR und Decl. ich Octbr. 5 beobachtete, zu $217^0\ 55'$ und $+ 50^0\ 25'$. Für diesen Punct ist $\xi = 0.2597$. Unter der Voraussetzung, dass $G = - 90^0$ und $g = 0.140$ erhält man aus der Gleichung (Bessel's Abhandl. Astr. Nachr. Bd. 13 p. 223)

$$\tau' = \frac{r\sqrt{(2\xi)}}{\sqrt{(1-\mu)}}\left\{1 - g\frac{\sqrt{p}}{1-\mu}\right\} + \frac{\xi}{(1-\mu)^2}\, g\, \frac{14}{3}\, er \sin v$$

$\tau' = 0.787$ und hieraus $\tau = 0.601 = 34.9$ Tage. Um von der Wirkungssphäre des Cometen bis zu dem beobachteten Schweifpuncte aufzusteigen, gebrauchten die Theilchen also nahe 35 Tage, oder sie haben Anfang Septbr. die Wirkungssphäre des Cometen verlassen. Dies Resultat, wie auch das vorige, wird aber erheblich verändert, wenn die Annahme über G nicht ganz richtig gewesen ist.

Dieselbe Untersuchung habe ich nun noch für die, den schwachen Nebenschweif bildenden, Theilchen ausgeführt. Nehme ich an, dass Octbr. 10 der Abstand des äussersten noch sichtbaren Nebels auf der Sonnenseite des Kerns etwa 4′ betragen habe, so findet sich mit $(1 - \mu) = 6.317$, $g = 0.143$. Vergleicht man diesen Werth der Ausgangsgeschwindigkeit der Theilchen

des Nebenschweifs mit dem oben gefundenen Grenzwerthe von g sin $G = \pm 0.067$, so scheint es, als ob diese Theilchen vorzugsweise in der Richtung zur Sonne ausgestossen sind. Man erhält wenigstens für G nur die Grenzwerthe $\pm 28^\circ$.

Aus dem eben abgeleiteten Werthe von g folgt nun für die Theilchen, welche Octbr. 10 in der Achse und am äussersten Ende des Schweifes sich befanden:

$$\tau' = 0.1910, \quad \tau = 0.1723,$$

oder in Tagen ausgedrückt, $\tau = 10.0$ Tage. Also Septbr. 30 hatten diese Theilchen die Wirkungssphäre des Cometen verlassen.

Brieflichen Mittheilungen zufolge hat Herr Dr. WINNECKE diesen schwachen Nebenschweif schon Mitte Septbr. wahrgenommen. Die damals am äussersten Ende befindlichen Theilchen sind also etwa Anfang Septbr. vom Cometen ausgegangen. Dass dieser Zeitpunct so nahe mit dem vorhin für den Hauptschweif abgeleiteten und zugleich mit dem ersten Sichtbarwerden des Schweifes (etwa Aug. 30) zusammenfällt scheint auf mehr, als ein nur zufälliges Zusammentreffen von Umständen hinzudeuten. Die Verfolgung dieses Gegenstandes kann vielleicht zu weiteren Aufschlüssen führen.

In § 5 habe ich nachgewiesen, dass die Anfangsrichtung der Schweifachse mit der Verlängerung des Radiusvector in der Ebene der Bahn zwischen Septbr. 17 und Octbr. 14 einen constanten Winkel gebildet hat, den ich im Mittel aus allen Messungen $= 6^\circ$ $18'$ fand. Die Gleichung (12) §. 6 zeigt, dass für grössere Abstände vom Kern die Neigung der Schweifachse nur von der Constante $(1 - \mu)$ abhängig ist. Für kleine Abstände vom Kern gilt dies nur mit grösserer oder geringerer Näherung. Da es hier jedoch nur auf eine beiläufige Vergleichung ankommt, so wird es hinreichen, wenn ich die gefundene Neigung der Anfangsrichtung mit der Formel

$$\operatorname{tang} \varphi = \frac{2 \cdot \sqrt{2p}}{3r} \cdot \frac{\sqrt{\xi}}{\sqrt{1-\mu}}$$

vergleiche. Die von Herrn Dr. WINNECKE gemachten Messungen gelten für einen Punct in der Achse, der $13'$ vom Kern abstand,

meine Messungen für einen vielleicht etwas näher gelegenen Punct. Die Annahme des Abstandes zu etwa 12′ giebt für Octbr. 5, mit $\varphi = 6^0\,18'$, ξ und damit $\sqrt{\frac{1}{1-\mu}} = \alpha = 1.33$. Es ist dies nur ein roher Nährungswerth, der sich dem oben für α gefundenen Mittelwerthe 1.625 nahe genug anschliesst, wenn man bedenkt, dass für so kleine Werthe von ξ, wie der hier vorkommende, die vernachlässigten Quadrate von g noch erheblichen Einfluss haben. Es geht hieraus aber hervor, dass die starke Zurückbiegung der Anfangsrichtung des Schweifes einen erheblichen Werth von $\sqrt{\frac{1}{1-\mu}}$, also einen kleinen von $(1-\mu)$, fordert.

Die Beständigkeit des Winkels zwischen der Richtung der Achse und dem Radiusvector beweist aber, dass der Werth von μ im Laufe der Erscheinung derselbe geblieben ist, was mit dem Resultat von §. 8 übereinstimmt. Uebrigens zeigt die Formel, dass nur in der Nähe des Perihels diese Beständigkeit stattfindet und dass bei Zunahme von r, abgesehen von andern noch möglichen Einflüssen, φ allmälig abnimmt.

In der Beschreibung der Erscheinungen (§. 1) habe ich häufig erwähnen müssen, dass ich den vorangehenden Rand des Schweifes weit heller und schärfer begrenzt gesehen habe als den nachfolgenden. Ebenso zeigte die Betrachtung des Cometen im Fernrohr, dass der vorangehende Schweifast bis etwa Oct. 4 beständig breiter und heller war, als der linke, so dass offenbar eine grössere Menge der vom Cometen ausströmenden Theilchen nach der Richtung hingedrängt wurde, wo η negativ ist. Der Ausdruck, den Bessel für die Coordinate η abgeleitet hat, nämlich:

$$\eta = f \sin F + \left\{ g \sin G - f \cos F \frac{\sqrt{p}}{rr} \right\} \tau - \left\{ g \cos G \frac{2\sqrt{p}}{rr} \right.$$

$$\left. + f \sin F \left(\frac{\mu}{r^3} - \frac{p}{r^4} \right) - f \cos F \frac{2e \sin v}{r^3} \right\} \frac{\tau^2}{2} + \left\{ \frac{(1-\mu)}{r^4} 2\sqrt{p} \right.$$

$$\left. + g \sin G \left(\frac{\mu}{r^3} + \frac{3p}{r^4} \right) + g \cos G \frac{6e \sin v}{r^3} \right\} \frac{\tau^3}{6},$$

geht für den Fall, wo G und $F = 0$ gesetzt werden, wo man

also Theilchen betrachtet, die in der Richtung des Radiusvector ausströmen, in den folgenden über:

$$\eta = -f\frac{\sqrt{p}}{rr}\tau - \left\{g\frac{\sqrt{p}}{rr} - f\frac{e\sin v}{r^3}\right\}\tau^2 + \left(\frac{1-\mu}{r^4}\,2\sqrt{p} + g\,\frac{3e\sin v}{r^3}\right)\frac{\tau^3}{3}.$$

Vor dem Durchgange durch das Perihel, wenn also v noch negativ, sind alle Glieder negativ, mit Ausnahme desjenigen, welches $(1-\mu)$ enthält. Wenn $(1-\mu)$ nicht einen sehr grossen Werth hat, was bei unserm Cometen durchaus nicht der Fall war, so gehen alle Theilchen nach der Richtung hinüber, wo η negativ ist. Nach dem Perihel wird das dritte und das letzte Glied positiv. Sobald jedoch g, verglichen mit $1-\mu$, keinen sehr kleinen Werth hat, wird für kleine Werthe von τ, die hier nur in Betracht kommen, das erste und zweite Glied die Summe der übrigen noch eine Zeit lang nach dem Perihel überwiegen. Dies zeigte sich bei unserm Cometen. Erst am 4. Octb. sah ich im Fernrohr mit Sicherheit, dass der nachfolgende Schweifast erheblich heller war, als der vorangehende; seit diesem Tage wurde der Werth von η also positiv. Es geht hieraus übrigens, ebenso wie aus der früheren Untersuchung hervor, dass g einen erheblichen Werth besessen haben muss.

Ich bemerke hier noch, dass das Hinüberströmen der Theilchen nach der vorangehenden Seite des Schweifes auch die eigenthümliche Erscheinung des sehr hellen, vorangehenden und sehr matten, nachfolgenden Schweifrandes erklärt. Da diese Bewegung der Theilchen vor dem Perihel, also im September, besonders stark war und eine grosse Anhäufung derselben auf der vorangehenden Seite zur Folge hatte, so musste sich nothwendig die Erscheinung zeigen, welche wir bei unserm Cometen beobachtet haben.

Die Betrachtung der Dimensionen des Schweifes hat eine ganz auffallende Zunahme desselben in der Breite gezeigt. Vom 28. Septbr. bis zum 10. Octbr. wuchs die Breite von 2° bis zu 10° und darüber. Wäre der Schweif ein Kegelmantel von kreisförmiger Basis gewesen, so hätte, unter Berücksichtigung seiner Annäherung zur Erde und der Lage seiner Achse, die Breite am 10. Octbr. etwa doppelt so gross sein müssen, als am 28. Septbr.

Dass eine so erhebliche Zunahme der Breite nicht reell gewesen ist, braucht kaum erwähnt zu werden, da diese sich durch eine ausserordentliche Zunahme der Grösse g sin G geäussert haben würde. Die Zunahme ist in der That nur scheinbar gewesen; ihr Grund liegt darin, dass der Schweif in der Ebene der Bahn eine erheblich grössere Ausdehnung gehabt hat, als in jeder andern Ebene. Nimmt man an, dass die Ausdehnung in der Ebene der Bahn etwa viermal so gross gewesen ist, als in der zu dieser senkrechten und dass ein, zur Achse des Schweifes senkrechter, Durchschnitt etwa die Form einer Ellipse gehabt habe, so lassen sich die Angaben der Breite für die verschiedenen Tage, mit Berücksichtigung der perspectivischen Verkürzung, recht gut vereinigen.

Auch die Wahrnehmung, dass der Winkel am Cometenkern, zwischen den Richtungen der beiden Schweifäste, von Septbr. 28 bis Octbr. 10 beständig gewachsen ist, erklärt sich einfach schon durch diese Annahme. Am 10. Octbr. sahen wir die Figur des Cometen in geringer perspectivischer Verkürzung; durch die Lage gegen die Erde erschien jedoch der Winkel zwischen den Schweifästen etwas grösser, als er in der Ebene der Bahn wirklich war. In den frühern Tagen, besonders aber Ende September, sahen wir dagegen die in der Ebene der Bahn gelegenen Theile erheblich verkürzt. Es scheint mir diese Wahrnehmung darauf hinzudeuten, dass der Comet vorzugsweise in der Ebene der Bahn Theilchen ausgeströmt habe, und es ist die Annahme, nach welcher die Untersuchung über die Schwingungen der Ausströmung und über die Figur des Schweifes besonders auf diese Ebene bezogen wurde, einigermassen begründet.

Die Vergleichung der Erscheinungen unsers Cometen mit denen früherer, führt noch zu einigen Bemerkungen, die ich hier nicht ganz unterdrücken will. Die eigenthümliche Erscheinung des Cometen von 1807 hat Bessel in seiner oft erwähnten Abhandlung durch die Annahme verschiedenartiger Theilchen erklärt, die von der Sonne verschieden abgestossen wurden und sich anfänglich in einem gemeinsamen Schweife bewegten, der sich in grösserer Entfernung vom Kern in zwei gesonderte, einen geraden und einen gekrümmten, zertheilte.

Dieselbe Erscheinung haben einige Beobachter bei unserm Cometen wahrgenommen, neben dem hellen, stark gekrümmten Schweife noch einen vorangehenden, geraden und schwachen Nebenschweif. Ich habe oben gezeigt, dass diese Erscheinung dieselbe Erklärung fordert, welche Bessel für den Cometen von 1807 gegeben hat.

Auch der grosse Comet von 1811 hat noch einen schwachen Nebenschweif gezeigt; er ist von Olbers am 9. Octbr. 1811 deutlich wahrgenommen. [1])

Bei demselben Cometen sah Olbers eine Erscheinung, die sich bei dem unsern wiederholt hat: das eigenthümliche Hervorströmen säulenartiger Schweiftheile aus den Rändern des Hauptschweifs. Olbers sagt über diese Erscheinung in seinem Aufsatz über den Cometen von 1811: [2]) »»Der äussere Rand des Reifens war schon von der letzten Hälfte des Septbr. an weit weniger scharf abgeschnitten, als im Anfange der Erscheinung, sondern mit leichtem Dunst umgeben, der sich im Novbr. besonders an der linken (seiner wahren Bewegung nach vorgehenden) Seite, in einzelnen Streifen von 25—30′ Länge parabolisch von der Sonne abwärts krümmte. Es müssen sich also nach und nach noch sehr verschiedenartige Stoffe von dem Cometen abgesondert haben, auf die sowohl die Sonne, als auch der Comet selbst eine verschiedene Repulsivkraft äusserten.«« So weit Olbers. Seine Beschreibung und Erklärung passt mit geringen Modificationen auf unsern Cometen. Bei dem grossen Cometen von 1744 muss sich etwas Aehnliches gezeigt haben. Die Figuren, welche Heinsius vom Schweif dieses Cometen entworfen hat, zeigen eine Ausbucht des nachfolgenden Randes, der man den Namen eines Nebenschweifs, wie Cassini diese Erscheinung bezeichnet, kaum geben kann. Sie ist, so weit man aus den rohen Zeichnungen es sehen kann, ähnlich der Ausbiegung gewesen, die sich bei unserm Cometen am 9. und 10. Octbr. zeigte, nur trennt sie sich weiter vom Rande des Hauptschweifes. Von früheren Cometenerscheinungen lässt sich wenig oder nichts zuverlässiges dem hier Angeführten hinzu-

1) Monatl. Correspond. Bd. 25. p. 13.
2) Ebendaselbst p. 21.

fügen, jedoch ist es wahrscheinlich, dass manche der eigenthümlichen Figuren älterer Cometen durch dieselbe Ursache, wie die eben beschriebenen Erscheinungen, erklärt werden können.

Die fortgesetzte Untersuchung über die Schweife der Cometen, verbunden mit der ebenso lehrreichen Betrachtung der Ausströmungen, deren Studium vielleicht geeignet ist, zur Erkennung der Eigenthümlichkeit der hier wirkenden Kräfte erheblich beizutragen, verspricht in Zukunft weitere Aufschlüsse über die noch so räthselhafte Natur dieser Weltkörper. Auch die ältern Erscheinungen gewähren, wenn auch kein reiches, so doch ein hinreichendes Material, welches seit langer Zeit der Bearbeitung harrt.«

Der grosse Comet von 1858. *Von A. Winnecke.*

Herr Dr. WINNECKE hat in den Memoiren der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg eine vollständige Zusammenstellung dessen gegeben, was über die merkwürdigen Erscheinungen des DONATI'schen Cometen von ihm ermittelt ist. Ein Auszug der wesentlichsten Resultate ist in den *Astronomischen Nachrichten* Nr. 1196 Bd. 50 (1859) mitgetheilt und diesem Auszuge sind die folgenden Stellen mit Angabe der Seitenzahl entnommen.

(305. 306) »Die Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen werden in Bezug auf sein physisches Verhalten zu mancherlei interessanten Folgerungen Veranlassung geben, da zwei von einander vollständig unabhängige Beobachtungsreihen ausgeführt sind, die eine von Herrn Staatsrath O. v. STRUVE mittelst des grossen Refractors, die andere mittelst des Heliometers von mir. Da absichtlich, so weit irgend thunlich, über das Wahrgenommene nicht communicirt wurde, so werden diese unter identischen klimatischen Verhältnissen ausgeführten Beobachtungen eine gewichtige Stimme haben, wenn es sich in Zukunft darum handeln wird, das Subjective vom Objectiven der Erscheinung zu sondern.

Bei der Besprechung der Wahrnehmungen und ihrer An-

knüpfung an die Bessel'sche Theorie habe ich mich fast nur an meine eigenen Beobachtungen gehalten; für eine umfassendere Darstellung und Vergleichung muss die Gesammtheit der Erscheinung vorliegen, insbesondere der Verlauf derselben auf der südlichen Hemisphäre. Auch sind jene Bemerkungen nur hervorgegangen aus dem Bedürfnisse, meine Wahrnehmungen in dem Zusammenhange zu übersehen, der nach dem Zustande unserer jetzigen Kenntnisse über diese Dinge zu erreichen ist; sie schliessen sich insofern an den in Nr. 1172—1174 dieser Zeitschrift enthaltenen vortrefflichen Aufsatz von Herrn Dr. Pape an. Im Allgemeinen besprechen sie andere Einzelheiten des Phänomens, als die dort behandelten und bewegen sich auf gleichem Gebiete fast nur da, wo ich glaubte, Einsprache gegen die Legitimität einzelner Deductionen vorbringen zu müssen; diese Zweifel beschränken sich aber in den meisten Fällen auf das Fortführen der Untersuchung bis zum bestimmten numerischen Resultate, berühren also das Wesen der Sache nicht.

Die Ansicht, dass Polarkräfte der Mehrzahl der wunderbaren Phänomene, die einzelne Cometen uns zeigen, als Motoren zu Grunde liegen, hat seit der glücklichen Anwendung der hierauf gegründeten mathematischen Entwickelungen auf die Erscheinungen des Halley'schen Cometen durch Bessel viele Anhänger unter den Astronomen gewonnen. Auffallend ist es aber, dass man später jene meisterhafte Theorie nicht weiter mit dem wirklich Beobachteten verglichen hat, wodurch allein die Wahrscheinlichkeit der ihr zu Grunde liegenden Hypothesen hätte vergrossert werden können. Auf viele Fragen, die die Theorie bestimmt beantwortet, fehlt der ebenso bestimmte Ausspruch der Beobachtungen bei denjenigen Wahrnehmungen, die Bessel mit ihr vergleicht. Für manche giebt der Comet von 1858 die Antwort, für viele gleichlautend mit der Theorie, für andere abweichend von ihr, und gerade diese Puncte verdienen besondere Beachtung. Ich bemerke hier im Allgemeinen, dass die Bessel'sche Theorie, abgesehen von den Phänomenen in der unmittelbaren Nähe des Kernes, keineswegs alle Erscheinungen erklären kann; sie giebt nur eine theilweise Darstellung derselben für eine im Verhältniss

zur Umlaufsperiode kleine Zeit. Für einen beliebigen Zeitpunct nehme man an, dass die Ausströmungen beginnen: sie wird uns während jener Zeit in den Stand setzen, die Lage der ausgeströmten Theile im Weltenraume anzugeben, natürlich nur insofern, als vernachlässigte Factoren, wie gegenseitige Einwirkung der Theilchen auf einander, widerstehendes Mittel u. s. w. einen verschwindenden Einfluss haben. Aber in dem Momente, wo wir die Ausströmungen beginnen lassen, war der Comet nicht blos Kern, wie mit Gewissheit nach Allem, was vorliegt, anzunehmen ist, und über die Veränderungen, die jene anderen Theile des Cometen erleiden, giebt die Theorie keinen Aufschluss. Wie man sich diese denken konnte, um gleichzeitig Widersprüche wegzuräumen, die der DONATI'sche Comet vor dem Perihele, der HALLEY'sche nach demselben gezeigt hat, ist in dem Aufsatze angedeutet.«

Scheinbarer Durchmesser des Kernes und seine Veränderungen.

(309) »Der Comet zeigte während der ganzen Dauer seiner Erscheinung für's blosse Auge im Heliometer einen planetarischen, erträglich messbaren Kern. Nach der Reduction auf die Entfernung = 1 des Cometen von der Erde ist folgende Reihe das Ergebniss der Messungen an jenem Instrument.

Scheinbare Durchmesser des Cometen in der Entfernung = 1:

1858 Septbr.	4	10″13	3	Beob.
	11	9.97	2	,,
	12	9.49	4	,,
	13	5.12	4	,,
	—	5.63	4	,,
	16	4.05	2	,,
	18	1.80	3	,,
	19	2.78	2	,,
	22	2.22	2	,,
	24	1.85	2	,,
	29	1.98	2	,,
	30	1.44	2	,,

1858 Octbr.	7	1.46	3	Beob.
	8	1.89	2	„
	9	1.51	3	„
	—	1.72	1	„
	13	1.78	2	„

Die Richtungen, in der diese Durchmesser beobachtet wurden, sind der grossen Mehrzahl nach die der Achse des Schweifes; eine merkbare Abweichung von der Kreisgestalt habe ich bei guter Begrenzung der Bilder nicht bemerkt. Bei unruhiger Luft schien zuweilen eine Ellipticität angedeutet. Am 13. Septbr. beziehen sich die Durchmesser auf die Richtung des Schweifes und der hierzu senkrechten.

Das fast plötzlich eintretende Verringern des Kerndurchmessers scheint sicher durch die Beobachtungen constatirt, und es ist merkwürdig, dass es der Zeit nach sehr nahe mit dem Beginn der stärker hervortretenden Ausströmungen und der eigenthümlichen Lichtanhäufungen im Schweife zusammenfällt.«

Helligkeit und lichtreflectirende Kraft des Kernes.

(309.310) »Die Helligkeit des Cometenkernes ist im Anfange der Erscheinung öfter nach Art der veränderlichen Sterne mit Fixsternen verglichen. Es ergiebt sich daraus eine ungemein kleine Reflectionsfähigkeit desselben in Vergleich mit den Planeten, wenn man die Formeln, die den Zusammenhang zwischen Helligkeit, Durchmesser und der sogenannten Weise (Albedo) angeben, auf ihn anwendet. Eine Zunahme dieser Reflectionsfähigkeit gegen die Zeit des Perihels scheint angedeutet. Im Uebrigen erhellt daraus, dass es wenig wahrscheinlich war, den Cometen bei seiner obern Culmination wahrnehmen zu können. Mit dem Fernrohre des Pulkowaer Meridiankreises von 5.8 Zoll Oeffnung, war der Comet bei seiner obern Culmination bestimmt nicht wahrnehmbar, obgleich es bei ruhigen Bildern keine Schwierigkeit macht, Sterne 6^{m} zwei und eine halbe Stunde vor Sonnenuntergang damit zu beobachten. Ich habe ihn öfter vergebens eingestellt, zuletzt am Tage seines Perihels, bei ausgezeichnet reiner Luft und Anwendung vieler Vorsichtsmassregeln.«

Die Lage der Schweifachse zur Bahn.

(313. 314) »Die Annahme der Lage der Schweifachse in der Bahnebene eines Cometen ist eine sehr wichtige Hypothese für viele Untersuchungen über die Figur des Schweifes; es ist daher nicht ohne Interesse, zu sehen, in wie weit die vorhandenen Beobachtungen zu dieser Annahme berechtigen. Die Untersuchung des vorliegenden Materials hat gezeigt, dass sie in allen Fällen näherungsweise richtig ist, dass aber öfter kleine Abweichungen der Achse des Schweifes von der Ebene der Bahn vorhanden zu sein scheinen.

Berücksichtigt man die sehr verschiedenen Gewichte der einzelnen Werthe, die durch die beigesetzten Zahlen beiläufig ausgedrückt werden, so bekommt man den Werth 4° 13′ für den Winkel, den die Anfangsrichtung des Schweifes mit der Richtung des verlängerten Radiusvector in der Bahnebene gemacht hat. Herr Dr. Papé, der auf den merkwürdigen Umstand der Constanz dieses Winkels schon aufmerksam gemacht hat, findet ein etwas grösseres Resultat, eine Vergrösserung, die durch die Hinzuziehung von auf die Achse des dunklen Kanals im Schweife bezogenen Positionswinkeln entsteht. Meine Positionswinkel beziehen sich auf die Mitte der scheinbaren Figur des Schweifes, die nach Gründen, welche in dem Aufsatze näher erörtert sind, der Projection der wahren Achse des Schweifes entspricht.

Die Figur der Querschnitte des Schweifes, senkrecht auf die Achse, ergiebt sich aus einer Reihe von Messungen, als kreisförmig in der Nähe des Kopfes. Für beträchtlich vom Kerne entfernt liegende Puncte folgert Herr Dr. Pape aus seinen Beobachtungen, dass der Schweif in der Ebene der Bahn eine erheblich grössere Ausdehnung gehabt habe, als senkrecht darauf. Wir werden also auf eine merkwürdige Figur des Schweifes geführt: in der Nähe des Kernes sind die Querschnitte Kreise, in grösserer Entfernung davon beträchtlich abgeplattete Curven, deren grösste Durchmesser wahrscheinlich in der Bahnebene liegen.«

Vertheilung der Helligkeit im Schweife.

(314) »Die Betrachtung der Vertheilung der Helligkeiten im Schweife und der Veränderungen der dunklen Zone in seiner Mitte hat zu dem Resultate geführt, dass die Annahme eines hohlen, conoidischen Mantels nicht im Stande ist, sie darzustellen. Anders wird die Sache, wenn man einen Schritt weiter geht und gestützt auf Beobachtungen bei älteren Cometen, wo mindestens zwei Schweifconoide in einander gesteckt haben müssen, annimmt, dass der Schweif aus sehr vielen in einander gesteckten Mänteln bestanden hat, deren Dicke sehr gering war, und die durch verhältnissmässig grosse Räume von einander getrennt wurden. Es ist dies eine Hypothese, die durchaus im Einklange ist mit den Ideen, die über Schweifbildung der Cometen von Olbers und Bessel geäussert sind, insofern eine hierdurch bedingte Verschiedenartigkeit der emittirten Stoffe zur Erklärung mancher anderen Phänomene auch danach verlangt wird.«

Die äussere, schwache Umhüllung des Kernes und der zweite Schweif.

(314. 315. 317. 318) »Ueber zwei merkwürdige Erscheinungen am Cometen will ich jetzt noch ein wenig ausführlicher sprechen, da sie von der grossen Mehrzahl der Beobachter nicht wahrgenommen zu sein scheinen, oder nicht beachtet. Die eine ist die äussere, schwache Umhüllung, von der eingehender nur Herr Professor Galle spricht, die andere der geradlinige zweite Schweif.

Am 16. Septbr. bemerkte ich zuerst, dass der Kopf des Cometen eingehüllt war in eine sehr zarte, bläuliche Nebelmasse, deren Wahrnehmung im Vergleich mit der Sichtbarkeit des hellen Nebelstoffes, der den Kern in parabolischer Form umgab und sich zurückbiegend den Schweif bildete, Schwierigkeiten machte. Der äussere Umriss hatte gleichfalls eine parabolische Figur, von einer scharfen, bestimmten Begrenzung war jedoch keine Rede. In der Richtung zur Sonne entfernte sich die Umhüllung beträchtlich weiter vom Kern des Cometen, als der helle Nebelstoff, erreichte jedoch den grössten Abstand von demselben nicht in dieser, sondern in einer etwa 30° verschiedenen Richtung, wodurch die Lage

zu Kern und Hauptschweif unsymmetrisch wurde. Die Schenkel des Schweifes divergirten stärker, als die der schwachen Umhüllung, so dass jene sich in geringer Entfernung unterhalb des Kopfes schon an den Schweif anschloss und nicht weiter von ihm zu unterscheiden war, eine Entfernung, die aber vermöge der erwähnten Nichtsymmetrie verschieden war auf den beiden Schweifästen.

Die Erscheinung von zwei oder mehr deutlich getrennten Schweifen, die von der Sonne abgewandt sind, scheint eben so selten zu sein, als die schon erwähnten merkwürdigen Wahrnehmungen von der Sonne zugekehrten Cometenschweifen. Die einzige, dem schmalen Schweife des DONATI'schen Cometen völlig entsprechende Erscheinung hat man am Cometen 1807 beobachtet. Er zeigte einen geraden, schmalen und schwachen Schweif, bei weitem weniger zurückgebeugt, als der gekrümmte hellere, und übertraf den Hauptschweif an Länge, wie es bei unserm Cometen gleichfalls stattfand. Vom Cometen von 1577, 1744 und 1811 werden Nebenschweife erwähnt; sie waren aber stärker zurückgebeugt, als die Hauptschweife. Der grosse Comet von 1843 hat ebenfalls einen Nebenschweif gezeigt; die Berichte sind aber so roh, dass man keine weiteren Folgerungen daraus ziehen kann. Das Ungenügende der vorhandenen Aufzeichnungen über Cometenschweife ist überhaupt ein Punct, der dem Studium dieser Erscheinungen ganz unüberwindliche Hindernisse in den Weg legt. Ich bemerke schliesslich noch, dass die Phänomene, denen man in Amerika den Namen Nebenschweife gegeben hat, von dem hier besprochenen total verschieden sind; das dort Wahrgenommene ist die auch hier bemerkte wunderbare Zertheilung des Hauptschweifes an seinem obern Ende im October, seine eigenthümliche säulenartige Structur, über die das Nähere in dem ausführlichern Aufsatze angegeben ist.«

Die folgenden Untersuchungen WINNECKE's über den hellen Cometen von 1862 sind in den Memoiren der Petersburger Akademie der Wissenschaften Bd. VII, Nr. 7 (1864) veröffentlicht und enthalten fast ein noch reicheres Material an Beobachtungen, welche

für die physische Theorie der Cometenphänomene von grösster Wichtigkeit sind. Ich werde mir erlauben, in ähnlicher Weise wie oben durch wörtliche Wiedergabe der characteristischen Stellen mit kurzer Inhaltsbezeichnung eine Uebersicht über die gewonnenen Resultate zu vermitteln. Die den Citaten beigesetzten Zahlen beziehen sich auf die Seitenangaben des Separatabzuges.

Der vollständige Titel der Abhandlung ist der folgende:

Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862 nebst einigen Bemerkungen von Dr. A. Winnecke. (6 Tafeln).

Allgemeines über die Probleme und Methoden der Untersuchung.

(1. 2) »Der Comet, welcher 1862 im letzten Drittel des August dem blossen Auge in der Helligkeit eines Sternes 2. 3 Grösse erschien und einen gegen 20° langen, jedoch schwachen und in einiger Entfernung vom Kopfe wenig auffälligen Schweif zeigte, wurde, wie es scheint, am 15. Juli 1862 zu Marathon U. S. von Swift, einem Liebhaber der Astronomie, zuerst wahrgenommen. Am 18. Juli entdeckte ihn Tuttle auf der Sternwarte des Harvard-College, Cambridge U. S., und später ist er noch auf einigen Sternwarten Europa's unabhängig bemerkt worden. Erst am Abende des 5. August gelangte die Nachricht von seiner Entdeckung nach Pulkowa. Der Himmel heiterte sich an diesem Tage gegen Mitternacht auf, so dass es möglich war, den Cometen aufzusuchen. Er erschien im Cometensucher als ein sehr heller, mehrere Minuten grosser Nebel mit einem schwachen Schweife und war dem blossen Auge in der Helligkeit eines Sternes fünfter Grösse gut sichtbar. Im Heliometer zeigte sich in der Mitte des Nebels eine lange, schmale, strahlenartige Verdichtung, ausgehend von einem völlig fixsternartigen Kerne; jedoch blieb der Zusammenhang zwischen Kern und Strahl, Strahl und Nebel für die optische Kraft des Heliometer undeutlich. Es schien mir gerathen, bei dem grossen Interesse, welches jetzt allseitig die Erforschung der bei den Cometen ins Spiel kommenden Kräfte erweckt, die stärkste optische Kraft der Anstalt in Anwendung zu bringen. Ich beobachtete daher den Cometen noch in der-

selben Nacht am grossen Refractor. An diesem Instrumente sind dann, in Abwesenheit des Herrn Directors der Sternwarte O. STRUVE, auch alle späteren Beobachtungen über die Ausströmungen und Strahlungen im Kopfe des Cometen von mir angestellt. Nur gelegentlich habe ich den Refractor zu Ortsbestimmungen des Cometen benutzt, da meine Zeit durch anderweitige Beobachtungen zu sehr in Anspruch genommen war; übrigens erlaubte die Stellung des Cometen am Himmel während längerer Zeit die Beobachtung an den Meridianinstrumenten der Sternwarte bei seiner untern Culmination, wofür keine Gelegenheit unbenutzt geblieben ist. Zur Beobachtung des Schweifes und zu den Einzeichnungen desselben in die Himmelskarten habe ich einen Cometensucher von 3 Zoll Oeffnung, dessen Ocular 15mal vergrössert, angewandt.

Es war meine Absicht, den Beobachtungen eine eingehende Vergleichung mit den bislang aufgestellten Hypothesen über die auf Cometen wirkenden Kräfte beizugeben. Aber das Durchgehen der so sehr verdienstvollen BOND'schen Sammlung aller Beobachtungen, welche über den grossen Cometen von 1858 vorliegen und der beigefügten Discussionen und gehaltreichen Bemerkungen über seine Erscheinungen, hat mich veranlasst, diese meine Absicht aufzugeben. In der That, seit man unzweifelhaft erkannt hat, dass sehr wesentliche Modificationen der Erscheinungen in kurzer Zeit stattfinden (wie es auch bei dem Cometen, über den die nachfolgenden Blätter handeln, der Fall war), ist die Gefahr, bei Unterbrechung der Beobachtungsreihe durch einige trübe Tage den verknüpfenden Faden zu verlieren, so gross, dass die Resultate, welche aus einer einzelnen derartigen Reihe gezogen werden können, möglicherweise ganz illusorisch sind. Nun war aber das Wetter im August 1862 bei uns durchaus nicht günstig; es kommen beträchtliche Lücken in den Beobachtungen vor, Lücken, welche ganze Perioden einzelner unzweifelhaft periodisch auftretender Lichterscheinungen dieses Cometen umfassen. Diese Lücken werden gewiss zum grossen Theile durch die Beobachtungen anderer Sternwarten auszufüllen sein, so dass es hoffentlich gelingt, von Tag zu Tag und vielleicht in noch geringeren Zeitabständen, über die Form und Helligkeit der Ausströmungen, ihre Richtungswinkel etc. hinreichende Angaben zu sammeln.

Die folgenden Blätter enthalten daher im Wesentlichen, ausser den Beobachtungen, nur einige Resultate, welche unzweifelhaft und unabhängig von jeder Hypothese daraus folgen; begleitet von Bemerkungen, welche zur leichtern Uebersicht der Erscheinungen beitragen können.

Aehnlich wie bei den Beobachtungen, welche von mir über den grossen Cometen von 1858 veröffentlicht sind, habe ich die Angaben von 1862 nach verschiedenen Rubriken gesondert, wodurch die Uebersicht erleichtert wird. Bei der nahen Verbindung einzelner zu verschiedenen Rubriken gehöriger Erscheinungen, ist hier und da eine Wiederholung nicht ganz zu vermeiden gewesen.

Die Beobachtungen sind nicht so, wie sie hier gegeben sind, am Fernrohre niedergeschrieben, sondern der hier vorliegende Text ist eine Ausführung der unmittelbar am Fernrohre gesammelten kurzen Notizen. Die Uebertragung dieser Bemerkungen in die vorliegende Form geschah meistens am Morgen nach der Beobachtung, wenn die Bedeutung der einzelnen Phrasen und das ganze Bild des Cometen dem Gedächtniss noch frisch vorschwebten.«

Indem ich bezüglich der genaueren Angaben und Beschreibungen der angestellten Beobachtungen auf die Arbeit selber verweise, erlaube ich mir in Folgendem nur diejenigen Stellen mitzutheilen, welche sich auf die erhaltenen Resultate beziehen.

Veränderungen in der Ausströmungsrichtung.

(33. 34) »Bekanntlich hat Bessel Veränderungen der Richtung, welche er an den Ausstrahlungen des Halley'schen Cometen bemerkt hatte, durch eine pendelartige Schwingung der Ausströmung in der Ebene der Bahn zu erklären versucht. Er verfolgt auch eine andere Hypothese, die einer drehenden Bewegung der Achse der Ausströmung um die zur Sonne gerichtete Linie; sie ist aber noch weniger, als die erste, im Stande die Beobachtungen darzustellen.

Die Annahme der Lage der Ausströmung in der Ebene der Bahn und einer Schwingung um eine auf der Bahnebene senkrechte Achse, wird bei dem Cometen von 1862 durch die Beobachtungen direct zurückgewiesen. Offenbar hätte unter dieser Vor-

aussetzung am 10. August und den Tagen vor und nachher die Ausströmung sich nicht merklich von dem, Sonne und Comet verbindenden, grössten Kreise entfernen können. Aber am 11. August beträgt der Unterschied 11°, am 12. August gar 42°. Am Tage des Durchganges selbst habe ich leider keine Messung der Richtung angestellt; in Rom hat man an jenem Tage einen Unterschied der beiden Richtungen von 49° gefunden. Es leidet also keinen Zweifel, dass die Ausströmungen des Cometen unter zum Theil sehr bedeutenden Winkeln mit der Ebene der Bahn vor sich gegangen sind.

Ein ganz gleicher Schluss lässt sich aus den Beobachtungen ziehen, welche man an dem so plötzlich für uns erschienenen grossen Cometen von 1861 am 30. Juni gemacht hat. Die Erde ging an diesem Tage nahe um Mitternacht (Moskau) durch die Ebene der Bahn dieses Cometen; die von Schweizer in Moskau für jenen Tag gegebene Zeichnung gilt für 13^h M. Zt., auf ihr bemerkt man fünf, unter sehr verschiedenen Richtungen vom Kerne ausgehende Strahlen, von denen einer einen Winkel von fast 90° mit der Richtung zur Sonne macht, also fast senkrecht zur Bahnebene steht. Es ist sehr zu bedauern, dass in jener Nacht, so weit mir bekannt, nirgends wiederholte und genaue Bestimmungen der Anfangsrichtung jener Strahlen gelungen sind. Man würde dadurch höchst wahrscheinlich zu einer genäherten Vorstellung gekommen sein, in wie weit eine Rotation des ausströmenden Cometenkernes um eine zur Sonne gerichtete Linie als Achse anzunehmen ist.«

Richtung der Ausströmung zum Radiusvector. Rotation des Kernes durch die Reaction der ausströmenden Massen.

(34) »Für den Cometen von 1862 ist die Annahme, dass die Achse der Ausströmung den Radiusvector unter einem beständigen Winkel durchschneidet und sich gleichförmig um ihn als Achse dreht, ebenfalls nicht zulässig. Unter dieser Annahme hätten die Entfernungen der Ausströmung von dem durch Sonne und Comet gelegten grössten Kreise, um die Zeit des Durchganges der Erde durch die Bahnebene des Cometen, nach rechts und nach links, nahezu

gleich sein müssen, was aber durchaus nicht der Fall gewesen ist. Dieser Umstand wird so wenig erfüllt, dass jene Abweichungen während dieser Zeit alle auf derselben Seite der Bahnebene liegen. Die Zahlen in der letzten Columne der Tafel der beobachteten Anfangsrichtungen scheinen überhaupt nicht durch irgendwelche Hypothese einer Oscillation des Kernes vereinbar zu sein. Wohl aber scheint dadurch angedeutet zu werden, dass die Reaction der ausströmenden Massen, deren Richtung wohl selten durch das Centrum des Cometenkernes geht, dem Kerne eine Rotation ertheilt hat, die aufhört oder eine andere Richtung annimmt, sobald eine neue Ausstrahlung in anderer Richtung die Wirkung der früheren Ausstrahlung, die allmälig schwächer geworden, überwindet.

Das Auftreten ähnlicher Figuren der Ausströmung in Perioden von sehr nahe drei Tagen wird Jedem, der die Figurentafeln durchgeht, auffallen. Im Zusammenhange damit steht ohne Zweifel die Periode von nahezu drei Tagen, welche man in der Grösse des Unterschiedes zwischen der Richtung zur Sonne und der Anfangsrichtung der Ausstrahlung bemerkt.«

Dass die hier angedeuteten Verhältnisse unmittelbar durch meine Annahme eines flüssigen Cometenkernes in der früher erwähnten Weise ihre Erklärung finden, brauche ich nicht besonders hervorzuheben. Die Rotation des Kernes oder seiner oberflächlichen Schichten wird stets dann an Stelle der Oscillation treten, wenn die Intensität der Reaction im Verhältniss der zu bewegenden Masse eine hinreichend grosse ist, um die entstandene Welle (vgl. p. 155. 156) durch die Reaction des Dampfstrahls um mehr als 90° von der Richtung des Radiusvector abzulenken. Dann wird die erzeugte Welle oder aufgestaute Flüssigkeitsmasse nicht durch denselben Quadranten zurückkehren, sondern den Gleichgewichtszustand der Figur durch Fortsetzung ihrer Bewegung nach der von der Sonne abgewandten Seite des Kernes zu erreichen streben. Man sieht, dass hierdurch eine rotatorische Bewegung der Ausströmungsrichtung erzeugt werden kann, die unter Umständen, bei nicht fortlaufenden Beobachtungen, den Schein einer Oscillation hervorzurufen im Stande ist. Man wird das Auftreten

solcher Rotationen an Stelle der Oscillationen mit Berücksichtigung der erwähnten Ursachen im Allgemeinen bei geringen Massen des Kernes, (also bei kleineren Cometen) und niedrigen Siedepuncten (also bei hoher Dampfspannung) der Flüssigkeiten erwarten dürfen.

Ueber die künstliche Herstellung auch dieser Bedingungen findet man das Nähere in der unten folgenden Beschreibung des vereinfachten Apparates zur Herstellung der Oscillation der Ausströmung.

Sichtbarkeit und scheinbarer Durchmesser des Kernes.

(34. 35) »Die Sichtbarkeit des Kernes scheint bedingt gewesen zu sein von der grössern oder geringern Intensität der Ausstrahlung. An den Tagen, wo die Ausströmungen am Ende als sehr schmale, gerade und äusserst helle Lichtmassen erschienen, ist es selten gelungen, den Kern mit Bestimmtheit zu erblicken. Dagegen wurde er an Tagen, an denen die Ausströmung mehr verblasst war, als ein, immer unmessbar, kleiner Punct gesehen. Man könnte der Meinung sein, dass an diesen Tagen, ähnlich wie beim DONATI'schen Cometen, bei dem BOND und Andere ein Hellerwerden des Kernes kurz vor dem Erscheinen einer neuen Enveloppe bemerkt haben, auch der Kern dieses Cometen vor der Erneuerung der Ejection an Licht zugenommen habe. Es scheint mir aber schon die Veränderlichkeit der Helligkeit der Ausströmung genügend zu sein, um die zu verschiedenen Zeiten verschiedene Deutlichkeit des Kernes zu erklären. Bestimmt irrig sind die Angaben von Herrn SCHMIDT A. N. 1295 über die Helligkeit des Kernes. Sein Fernrohr hat ihm offenbar nur in seltenen Fällen das Lichtpünctchen gezeigt, welches hier im grossen Refractor am äussersten, von der Sonne abgewandten Ende des Strahls zu bemerken war, und SCHMIDT hat für den Kern an manchen Tagen die beträchtlich hellere Anfangsparthie der Ausstrahlung genommen.

Den scheinbaren Durchmesser eines Sternes 9.10^{m}, gesehen im grossen Refractor, kann man wohl auf kaum mehr als 0.″2 anschlagen. Grösser ist also auch der scheinbare Durchmesser des Cometen am 28. August nicht gewesen, obgleich der Comet der Erde recht nahe stand; seine Entfernung betrug nur 0.350

der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne. Die Verbindung dieser beiden Zahlen ergiebt, dass der Durchmesser des Cometenkernes 7 geographische Meilen nicht übertreffen haben kann. Die Kleinheit dieses Durchmessers, verglichen mit der bedeutenden Intensität und Grösse der Ausströmungen und die schon oben erwähnte Wahrscheinlichkeit, dass die rotirende Bewegung des Kernes durch Reaction der ausströmenden Massen veranlasst sei, giebt zu der Annahme Anlass, dass die Bewegung des Cometen in der Bahn durch die Ausströmungen ebenfalls beeinflusst ist. Leider wird sich jedoch bei einer auf diesen äusserst wichtigen Punct eingehenden Untersuchung die Schwierigkeit zeigen, dass an der Mehrzahl der Tage nur sehr starke Fernröhre den Kern haben hinlänglich sicher erkennen lassen. Mit schwächern Fernröhren wird man einen Punct eingestellt haben, der, mehr oder weniger vom Kerne entfernt, sich auf der der Sonne zugekehrten Hälfte des Kopfes befunden hat. Ich halte es für möglich, dass diese Entfernung bis 5" betragen haben kann. Das Astr. Nachr. 1696 enthaltene Tableau einiger Vergleichungen von Beobachtungen dieses Cometen mit einer Bahn von OPPOLZER deutet schon auf derartige Fehler hin.

Strahlen und Lichtverdichtungen in der Cometenhülle.

(35. 36) »Einige Aufmerksamkeit verdient, dass die Ränder der Strahlen zuweilen heller, als die Mitte derselben erschienen sind; man wird dadurch auf eine Structur derselben geführt, welche an die bei den Schweifen der Cometen stattfindende erinnert.

Sehr merkwürdig erscheint mir die an mehreren Tagen am Ende der Ausströmung notirte Lichtzunahme, so dass sich dort ein ovaler, zur Mitte heller werdender Fleck zeigte. Diese Lichtzunahme war an einzelnen Tagen so beträchtlich, das man zur Pointirung bei Ortsbestimmungen gewiss die Mitte dieses Fleckes gewählt haben würde, wenn der kleine Kern des Cometen ausgelöscht wäre. Die Wahrnehmungen von mehrfachen Kernen durch CYSAT, HEVEL und Andere, sind vielleicht auf analoge Phänomene zurückzuführen. Es wird dadurch angedeutet, dass die

Ausströmungen intermittirend oder wenigstens nicht gleichmässig vom Cometen ausgegangen sind. Auffallend ist ferner, dass häufig ein Farbenunterschied zwischen Anfang und Ende des Strahls notirt ist, vorzüglich in den Fällen, wo der ovale Fleck gesehen wurde. Sollte dieser Umstand nicht darauf hindeuten, dass bei weiterer Entfernung vom Cometen Aenderungen in der Beschaffenheit der ausgeströmten Theile vor sich gehen?«

Analogien mit dem Halley'schen Cometen.

(36) »Ich kann diese Bemerkungen über die Ausstrahlungen des Cometen 1862 nicht schliessen, ohne auf die ungemeine Aehnlichkeit aufmerksam zu machen, welche zwischen den vom HALLEY'schen Cometen entwickelten Ausströmungen und denen des Cometen 1862 stattfindet. Man vergleiche z. B. die von W. STRUVE [1]) gegebenen Umrisse der Ausströmung für Oct. 12 und Oct. 14 im Jahre 1835 mit meinen Zeichnungen für Aug. 31 und Septbr. 3; man wird eine fast vollständige Identität bemerken. Ebenso zeigen die im Jahre 1835 von SCHWABE [2]) für das Aussehen des HALLEYschen Cometen gegebenen Abbildungen zuweilen eine frappante Analogie, z. B. SCHWABE's siebente Figur mit der meinigen für August 14. Auch die scheidelartige Lichtverdichtung im Comanebel hat der HALLEY'sche Comet in ähnlicher Weise, wie der Comet von 1862 gezeigt.«

Von den enveloppenartigen Lichtverdichtungen in der Coma.

(36. 37) »Eine der merkwürdigsten Erscheinungen, welche der DONATI'sche Comet gezeigt hat, besteht in den Sectoren oder Enveloppen, welche den Kern in der Richtung zur Sonne umgaben. Nach BOND's eingehender Kritik und mühevoller Sichtung der über diese Erscheinungen angestellten Beobachtungen ist es keinem Zweifel unterworfen, dass mehre solcher Sectoren

1) W. STRUVE, Beobachtungen des HALLEY'schen Cometen etc. Tafel III und V.

2) SCHWABE, Der HALLEY'sche Comet, Astr. Nachr. 298.

während der Zeit der Sichtbarkeit des Cometen erschienen und sich stetig vom Kerne entfernt haben; beim Aufsteigen allmälig schwächer und schwächer werdend, so dass sie zuletzt dem Blicke sich entzogen. Die Schwächung des Lichtes kann nicht genügend erklärt werden durch den grösseren Raum, über welchen sich die Umhüllung allmälig ausdehnte; man wird vielmehr zu der Ansicht geführt, dass die Partikeln, woraus sie bestand, nach und nach durch die Repulsivkraft der Sonne in den Schweif getrieben wurden.

Eine Erscheinung, deren Analogie mit den Enveloppen des DONATI'schen Cometen nicht zu verkennen ist, sind die seit dem 20. August in dem Kopfe des Cometen von 1862 beobachteten hellern, von stetigen Curven begrenzten Nebelmassen. Die Umrisse dieser Figuren habe ich, so gut es bei der Unbestimmtheit der Erscheinung thunlich war, zu bestimmen versucht. Für diese Beobachtungen würde ein Fernrohr, dessen Gesichtsfeld bei schwächerer Vergrösserung mehr Durchmesser gehabt hätte, bessere Dienste geleistet haben. Dass vor dem 20. August ähnliche Erscheinungen nicht von mir wahrgenommen sind, beweisst, bei der Schwierigkeit ihrer Sichtbarkeit, wenig für die Nichtexistenz derselben. Es ist auch nicht zu übersehen, dass erst um jene Zeit die Nächte wieder völlig dunkel bei uns werden.

Auf Tafel VII habe ich alle beobachteten begrenzenden Linien dieser helleren Nebelmassen aufgetragen und zwar in der Weise, dass die Richtung zur Sonne bei allen dieselbe (die verticale) ist. Die Curven sind nicht auf die Einheit der Entfernung reducirt, überhaupt das einfache Resultat einer graphischen Ausgleichung der Beobachtungen. Diese Tafel giebt zu folgenden Bemerkungen Anlass:

1. Die Vergleichung der Zeichnungen für zwei auf einander folgende Tage (Aug. 20, 21, Aug. 31, Sept. 1, Sept. 3, 4) zeigt, dass die Umhüllungen sich rasch vom Kerne entfernt haben, vorausgesetzt, dass man mit identischen Erscheinungen zu thun gehabt hat, was an zwei auf einander folgenden Tagen wohl kaum einem Zweifel unterworfen ist.
2. Nach je drei Tagen haben die Curven ähnliche Lage zum Kerne; vergleiche Aug. 20, 23, Aug. 28, 31, Septbr. 1, 4.

Die Septbr. 3 beobachtete Curve schliesst sich jedoch den Aug. 28, 31 beobachteten nicht an.

3. Die beobachteten Grenzlinien der Enveloppen zerfallen in zwei scharf gesonderte Gruppen: bis Aug. 25 liegen sie sämmtlich auf der in der Bahnbewegung nachfolgenden Seite des Cometen, seit Aug. 28 auf der vorangehenden. Dem Analoges wurde oben auch für die Ausströmungen in der Nähe des Kernes gefunden.

4. Die im Text erwähnte parabelartige Form hat in Wirklichkeit nicht statt. Als Analogie mit den Enveloppen des DONATI'schen Cometen lässt sich ferner noch anführen, dass ihr Rand, wie bei jenen, bandartig heller war und dass die Richtung des sich zum Schweife hinziehenden Astes asymptotisch sich der Richtung näherte, unter welcher der in Frage kommende Schweifast fortzog. An einigen Tagen war es sogar möglich, die Verbindung zwischen Ausstrahlung und Schweifast mittelst dieser Lichtgebilde zu verfolgen.«

Zu diesen interessanten Beobachtungen WINNECKE's erlaube ich mir bezüglich der oben p. 140 gegebenen Erklärung für das Entstehen der mehrfachen Enveloppen Folgendes zu bemerken:

Wenn man die von mir versuchte Erklärung der Entstehung einer Enveloppe annimmt, und berücksichtigt, dass die condensirten Flüssigkeitstheilchen des gebildeten Nebels aus Dampftheilchen entstanden, welche sich zufolge des Verdampfungsprocesses von der Oberfläche des flüssigen Kernes nach der Sonne zu entfernten, so wird die Entfernung und entsprechende Vergrösserung auch der Enveloppen vermöge des Trägheitsgesetzes eine nothwendige Folge dieser Verhältnisse sein.

Berücksichtigt man nun aber die oben von WINNECKE gemachte Bemerkung über die mit zunehmender Entfernung vom Kerne stattfindende Lichtabnahme der Enveloppen, und die Erklärung derselben durch Fortführung ihrer Partikeln durch die Repulsivkraft der Sonne in den Schweif, so ergiebt sich nach Eintritt derselben Bedingungen auch die mehrmalige Wiederholung des Processes von selber, ohne dass man wie oben (p. 140) eine secundäre Verdampfung der condensirten Flüssigkeitspartikeln anzunehmen genöthigt wäre.

Schliesslich habe ich mir erlaubt, auf Taf. VII eine von WINNECKE gegebene Zeichnung des Cometen zu reproduciren, wie er sich dem Beobachter am 1. Septbr. darbot.

So schwer es ist, die unmittelbare Anschauung derartiger Phänomene durch Zeichnungen zu vermitteln, so wesentlich ist dieselbe für die Ansichten über den allgemeinen Character der Erscheinungen und ihren ihnen zu Grunde liegenden Ursachen. Ein einziger, verständnissvoller Blick beseitigt oft, mit einem Schlage Erklärungsversuche, die ohne Anschauung auf Grund von Beschreibungen oder abstracter Begriffe aufgestellt worden sind.

WINNECKE bemerkt bezüglich der Treue der Abbildungen:

(39) »Mit der Uebertragung meiner Zeichnungen auf den Stein bin ich im Allgemeinen zufrieden. Unter den Abdrücken befinden sich jedoch, wie das bei der Lithographie nicht zu vermeiden ist, manche weniger gelungene.«

Die auf die Erscheinungen jenes Abends (1. Septbr.) bezüglichen wesentlichen Bemerkungen habe ich hier zusammengestellt.

Beobachtungen des Cometen am 1. September 1862.

1. Kern des Cometen.

(4. 5.) »Septbr. 1. 18^h 5 Sternz. In heller Dämmerung Kern sehr hell und ziemlich gross; von elliptischer Gestalt. Mit 279f. Vergr. erhalte ich für die Richtung der grossen Achse:

$18^h\ 46^m$ Sternz. 241°5 5 Beob.

Durchmesser des Kernes in dieser Richtung 3"35, senkrecht darauf 1"82. Der Kern hat sein fixsternartiges Aussehen verloren; es ist eine eiförmige Masse, die sich in den Strahlenbüschel fortsetzt.

Mit 708f. Vergr. erscheint das Ende dieser eiförmigen Figur doch beträchtlich heller und der eigentliche Kern blickt unterweilen ganz am äussersten Ende durch. Es ist daher die bei schwächerer Vergrösserung für den wirklichen Kern genommene eiförmige Lichtmasse wohl nur der sehr helle Aufang einer Ausstrahlung.«

2 Die Ausströmungen vom Kerne in unmittelbarer Nähe desselben.

(15. 16) »Septbr. 1. In heller Dämmerung. Figur des Cometen total verschieden von der gestrigen. Kern sehr hell und gross; elliptische Gestalt. Von ihm aus geht ein fast geradlinig begrenzter, schmaler, schwächerer Strahl (*a*) nach links unten. Dieser Strahl hat divergirende Begrenzungen, so dass er zum Kerne hin schmäler wird, jedoch nur sehr wenig. Mittellinie desselben:

$18^h\ 34^m \quad p = 324^\circ\!.9$ 5 Beob. Vergr. 138.

Nach oben geht vom Kerne aus ein Büschel (*bc*), dessen Seiten heller sind, als das Innere. Richtung der untern Begrenzung (*b*) $18^h\ 38^m\ p = 284^\circ\!.9$ 5 Beob. Die hellere Strecke der begrenzenden Curve bis etwa 50″ Abstand vom Kerne dreht die Concavität nach Norden (links unten). Ich habe eben die Richtung einer Chorde gemessen, welche den Kern mit dem Wendepuncte verbindet. Der Abstand der Curve von dieser Chorde kann 2″ in den am weitesten von der Geraden abstehenden Puncten nicht übersteigen. Von dort wendet sich die begrenzende Linie nach oben, so dass die Convexität nach links liegt, wird aber so schwach, dass Messungen nicht möglich sind. Richtung der rechten Begrenzung (*c*) des Büschels (*bc*):

$18^h\ 42^m \quad p = 214^\circ\!.9$ 5 Beob. Vergr. 279.

Zwischen (*a*) und (*b*) liegt ein fast ganz von Nebelmaterie freier, höchst auffallender Raum. Würde sich (*a*) am Ende etwas nach rechts krümmen und (*b*) seine ursprüngliche Krümmung fortsetzen, so würden sie sich bald treffen und der eingeschlossene Raum würde als Loch (Comet von 1858, Anfang Octbr.) erscheinen.

Vergr. 279. Der Kern hat sein fixsternartiges Aussehen verloren; es ist heute eine eiförmige Masse, die sich in den Büschel fortsetzt. Richtung der längeren Achse:

$18^h\ 45^m \quad p = 241^\circ\!.5$ 5 Beob.

Länge des Kerns in dieser Richtung 3″.35, senkrecht darauf 1″.82.

Mit 708 f. Vergr. erscheint das Ende dieser eiförmigen Figur doch beträchtlich heller und der eigentliche Kern blinkt unter-

weilen ganz am äussersten Ende durch; es ist dies also der sehr helle Anfang einer neuen Ausstrahlung.

Länge von Strahl	(a)	43.″9	3	Beob.	leidlich
„ „ „	(b)	44.7	3	„	die hellste, nach unten
„ „ „	(c)	25.9	3	„	gekrümmte Parthie.

Jetzt, wo es dunkel wird, erscheint an dem Büschel und weiter nach oben eine Nebelmasse, welche an das gestrige Pulverhorn erinnert. Man kann sie sehen in $p = 208°$ bis zum Abstande von 195″. Die Breite dieser verwaschenen, äusserst matten Nebelmasse ist sehr beträchtlich = 126″, unsicher. Als es ganz dunkel geworden war, zeigt sich, dass die vorhin gesehene verwaschene Lichtmasse sich bis in den Schweifrand fortsetzt, so dass man also hier die Bahn von Schweifpartikelchen vor Augen hat.

Das Licht des Kernes und der Ausströmung ist gelblich. Bei sehr schlechten Bildern wiederhole ich die zu Anfang des Abends gemessenen Richtungen:

20^h	56^m	(a)	324.°1	6	Beob.	sehr ungewiss,
20	59	(b)	274.0	5	„	unsicher,
21	2	(c)	217.4	5	„	leidlich.

Man erkennt mit Mühe die Details, besonders ist der dunkle Raum zwischen (a) und (b) fast nicht mehr zu bemerken.«

3. Coma und enveloppenartige Lichtverdichtungen in derselben.

(22. 23) »Septbr. 1. Als es dunkler wird, erscheint an dem Büschel und weit nach oben eine Nebelmasse, welche an das gestrige Pulverhorn erinnert. Man kann sie sehen in $p = 208°$ bis 195″ Abstand. Die Breite dieser verwaschenen, äusserst matten Lichtmasse ist sehr beträchtlich; eine Messung giebt dafür 126″, sehr unsicher. Bei völliger Nacht erkennt man, dass die vorher bemerkte, verwaschene Lichtmasse sich bis in den Schweifrand fortsetzt, so dass man also hier die Grenzcurve der den Schweif bildenden Theilchen vor Augen hat.

Puncte in dieser Curve; äussere Grenze:

	Positionswinkel: 20^h 6		Abstand:
	301°		88″
	282		81
	273		107
	264		126
	247		132
	242		143
	230		148
	225		178
	209		196
	199		216
	190		244
	176		260
	156		286
	145		370 : :

Im Sucher des Refractors erscheint der Kern unsymmetrisch in der Coma; senkrecht auf die Schweifachse taxire ich die Breite südlich zu 1.3 Distanz der Fäden = 6′ und nur zu 1.1 ihrer Distanz = 5′ in der Richtung nach Norden. Die Coma ist aufgewulstet in $p = 347° \pm$.

4. Schweif des Cometen.

(28) »Septbr. 1. Grosser Refractor.

Die rechte Schweifseite ist am Rande viel heller als mehr zur Mitte. Am Rande zieht ein 1′—1½′ breites Band hin, welches allmälig schwächer wird, je weiter es sich vom Kerne entfernt. Ausserhalb dieses Bandes ist auch noch Licht, aber rasch abfallend. Das Band geht in die Coma hinein bis zur Ausstrahlung. In der Coma, beim Beginne der stärkern Krümmung, wird es breiter und heller. Die Coma erscheint als unbegrenzter milchichter Nebel. Für den Positionswinkel, unter welchem der rechte Schweifrand in 11′ Entfernung vom Kerne fortzieht, wurde um 10^h 5 M. Zt. gefunden 96°3 3 Beob.«

Bredichin's
Untersuchungen über den Donati'schen Cometen.

Schliesslich erlaube ich mir hier noch auf eine sehr umfassende und gründliche Behandlung der Erscheinungen des DONATI'schen Cometen auf Grundlage der BESSEL'schen Theorie von Herrn Professor BREDICHIN in Moskau aufmerksam zu machen. Das ausführliche Werk über diesen Gegenstand ist leider, so weit mir bekannt, nur in russischer Sprache publicirt unter dem Titel »Ueber die Schweife der Cometen«. Ein Theil der erlangten Resultate ist jedoch auszugsweise in den Astronomischen Nachrichten Bd. 54 p. 289 (1860. Dec. 7) mitgetheilt unter der Ueberschrift:

»*Quelques mots sur les queues des comètes, par M. le Prof. Bredichin.*«

Nachdem die BESSEL'schen Formeln für ξ, η und x nach einigen Verbesserungen reproducirt sind, werden die erhaltenen Resultate in folgenden Worten mitgetheilt:

»Je suis parvenu à résoudre ces équations au moyen des approximations consécutives et j'aurai l'honneur de vous communiquer les calculs, que j'ai faits là dessus, dans un certain laps de tems. Pour le moment j'ose appeler l'attention des astronomes sur les résultats suivants.

1. Les valeurs numériques de μ et de g sin G déduites par M. PAPE, pour l'intervalle du tems de 28. Sept. jusqu'au 8. Oct. ménent au résultats qui sont en désaccord évident avec les observations qui concernent la courbure des bords de la queue, sa

dimension et sa forme dans le voisinage de la tête. L'invariabilité et l'accord de ces valeurs pour le dit intervalle du tems proviennent de ce que M. PAPE emploie pendant tout ce tems les mêmes coordonnées des bords de la queue.

2. Sur le même bord de la queue se trouvent les particules emanées de la comète avec les differentes valeurs de μ.

3. La valeurs de $(1-\mu)$ est sensiblement moindre pour les particules émanées de la comète, quand celle-ci était à une plus grande distance du soleil.

4. La vitesse g augmente à mesure que l'angle G diminue. Il est difficile pourtant de representer analytiquement la dépendance mutuelle entre G et g.

5. Dans chaque instant la comète émet des particules données de valeurs différentes de $(1-\mu)$, de manière que la queue principale de la cométe, abstraction faite des queues secondaires, est proprement tout un système de queues, dont les axes curviligues coincident près de la tête mais à mesure qu'ils s'éloignent d'elle, ils divergent peu à peu dans le plan de l'orbite de la comète. Ainsi s'éxplique tout simplement cette circonstance rèmarquable, que les plus grands diamètres des sections perpendiculaires à l'axe de la queue étaient situés dans le plan de l'orbite. — Cela nous dispense aussi de la supposition peu probable, que la comète ait émis une plus grande quantité de matière lumineuse dans le plan de l'orbite, que dans tout autre plan. (A. N. Nr. 1174, pag. 351 fin.)

En négligeant le rayon de la sphère d'attraction de la comète, nous pouvons déduire des formules de BESSEL quelques conclusions relatives à la tête de comète. En effet, pour les particules voisines de la tête, on peut rejeter les membres qui contiennent la troisième puissance de τ et les produits de τ^2 et de g. Alors nous aurons

$$\xi = -g \cos G\,\tau + \frac{1-\mu}{r^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} \qquad \text{A. N. Nr. 301,}$$

$$\eta = g \cos G\,\tau. \qquad \text{p. 215—216.}$$

Si nous acceptons, que g est le même pour toutes les valeurs de G, la courbe, sur laquelle se trouvent toutes les particules émises par la comète à la même époque, sera obtenue au moyen de l'élimination de τ entre ces équations

$$\sin G = \frac{\eta}{g\tau};\ \cos G = \frac{\sqrt{g^2\tau^2-\eta^2}}{g\tau} \text{ et}$$

$$\xi = -\sqrt{g^2\tau^2-\eta^2} + \frac{R\tau^2}{2},\ \text{où } R = \frac{1-\mu}{r^2} \text{ et}$$

$$(1) \quad \ldots \quad \eta^2 = R\xi\tau^2 - \xi^2 + g^2\tau^2 - \frac{R^2}{4}\cdot\tau^4.$$

Le contour exterieur de la tète est évidemment la courbe de tous les maxima de η par rapport à τ.

$$\frac{d\eta}{d\tau} = R\xi\tau + g^2\tau - \frac{R^2\tau^3}{2} = 0;\ \tau^2 = \frac{2(R\xi + g^2)}{R^2},$$

$$\tau^4 = \frac{4(R^2\xi^2 + 2R\xi g^2 + g^4)}{R^4}$$

et la courbe cherchée sera

$$(2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \eta^2 = \frac{2\xi g^2}{R} + \frac{g^4}{R^2}.$$

Evidemment c'est une parabole dont le foyer est dans le centre de la comète.

La courbe (1), sur laquelle se trouvent toutes les particules, emises a la même époque par la comète est evidemment un cercle. Avec le changement du tems varie le rayon de ce cercle et la position de son centre sur l'axe des ξ.

Si nous traçons de pareils cercles pour des intervalles égaux du tems, nous aurons une intéressante construction, qui explique la condensation de la matière en forme d'une enveloppe parabolique lumineuse.

En étudiant la théorie des comètes de Bessel, j'ai faite une complète déduction des formules qu'elle contient, et j'ai trouvé, que quelques érreurs s'y sont introduites.

Ces erreurs influent sur les membres du second ordre par rapport à la quantité g.[1])

1) »Die von Bessel für die Schweifcurve abgeleitete Formel für tang φ ist völlig frei von diesen Fehlern und richtig bis auf den schon in Nr. 1173 angezeigten Irrthum. P.«

In Betreff der sonstigen Literatur über die physische Beschaffenheit der Cometen seien hier noch die Zeichnungen des Halley'schen Cometen nach dem Perihele von Maclear (Mem. R. Astr. Soc. Vol. 8) in Verbindung mit den Beschreibungen Herschel's erwähnt. Für die Zeit vor dem Perihele sind zu beachten die schönen Skizzen von Schwabe (Astr. Nachr. XIII. p. 145 ff.) und ausser den reproducirten Bessel'schen vorzüglich die von Struve in seinem Separatwerke über die Beobachtungen der Cometen in jenem Jahre. —

Voici la source de ces erreurs:

1. Page 214 (A. N., B. 13, Nr. 301, ligne 12 du haut), au lieu de $\left(\frac{dx}{dt}-\frac{\alpha}{2}\right)$ se trouve $\left(\frac{dx}{dt}+\frac{\alpha}{2}\right)$.

2. Page 216 (lignes 4 et 5 du haut), le développement du $\cos v_0 = \varphi\,(t-\tau)$ et $\sin v_0 = \psi\,(t-\tau)$ est inexact.

Dans le développement exact, les troisièmes termes doivent être précédés par le signe $(-)$, tandis que dans le mémoire de Bessel figure $(+)$. Les erreurs corrigées, les équations de ξ, η deviennent:

$$\xi = -f \,.\, \cos F - \left(g \,.\, \cos G + \frac{f \,.\, \sin F \,.\, \sqrt{p}}{r^3}\right)\tau'$$
$$+\left[\frac{1-\mu}{r^2} - \frac{g \,.\, \sin G \,.\, 2\sqrt{p}}{r^2} + \frac{g \,.\, \cos G\, 4e \sin v}{3r\sqrt{p}} - f \,.\, \cos F\left(\frac{2\mu}{r^3}-\frac{p}{r^4}\right)\right.$$
$$\left.-\frac{f \sin F\, 2e \sin v}{3r^3}\right]\frac{\tau'^2}{2} - \left[g \,.\, \cos G\left(\frac{2\mu}{r^3}-\frac{3p}{r^4}\right) - \frac{g \,.\, \sin G \,.\, 2e \sin v}{r^3}\right]\frac{\tau'^3}{6} \ldots\ldots$$

$$\eta = f \,.\, \sin F + \left(g \,.\, \sin G - f \,.\, \frac{\cos F}{r^3} \,.\, \sqrt{p}\right)\tau'$$
$$-\left[\frac{g \,.\, \cos G\, 2\sqrt{p}}{r^2} + \frac{g \,.\, \sin G \,.\, 3e \sin v}{3r\sqrt{p}} + f \,.\, \sin F\left(\frac{\mu}{r^3}+\frac{p}{r^4}\right)\right.$$
$$\left.+\frac{f \,.\, \cos F\, 2e \sin v}{3r^3}\right]\frac{\tau'^2}{2} + \left[\frac{2\,(1-\mu)}{r^4}\sqrt{p} - g \,.\, \sin G\left(\frac{\mu}{r^3}+\frac{3p}{r^4}\right)\right.$$
$$\left.+ g \,.\, \cos G \,.\, 2e \sin v\right]\frac{\tau'^3}{6} \ldots\ldots$$

Verbesserter Apparat zur Veranschaulichung der Oscillation und Rotation der Ausströmungsrichtung der Cometenmaterie durch Reaction des Dampfstrahles.

Die oben p. 156 beschriebene pendelartige Aufhängung des kleinen Glaskolbens, lässt sich zweckmässiger durch eine bifilare Aufhängung einer kleinen Retorte ersetzen, wie sie auf Tafel VIII. Figur 1 dargestellt ist. Die Ausströmung wird alsdann durch ein in der Schwingungsebene seitlich gebogenes und mit einer feineren Oeffnung versehenes Stückchen einer Glasröhre ersetzt.

Die Gleichgewichtslage, um welche die Schwingungen stattfinden, befindet sich bei dieser Einrichtung selbstverständlich nicht in einer Ebene mit der Flamme.

In Figur 2 ist die einfache Modification angegeben, durch welche eine Rotation an Stelle der Oscillation erzeugt werden kann. Verbindet man bei dieser Aufstellung einen Magneten mit der auf einem Stifte beweglichen Retorte und stellt die Alkoholflamme in die Richtung des magnetischen Meridians, so kann man durch Veränderung der Flammenhitze und der dadurch veränderten Intensität der Dampfausströmung ganz nach Belieben eine Oscillation (bei *geringer* Erhitzung), oder eine Rotation (bei *starker* Erhitzung) hervorbringen.

Das *magnetische* Directionsmoment ersetzt hier nur das *mechanische* bei Herstellung der Gleichgewichtsfigur des flüssigen Cometenkernes.

Ueber die electrische Fernewirkung der Sonne.

Es wurde oben p 115 ff. zu zeigen versucht, »dass die Annahme einer electrischen Fernewirkung der Sonne auf alle sie umkreisenden Körper nothwendig und ausreichend ist, um daraus alle wesentlichen und characteristischen Erscheinungen der Schweife und Dunsthüllen der Cometen abzuleiten«.

Da wir mit Rücksicht auf die Beobachtung der Cometenschweife zur Annahme einer Repulsivkraft der Sonne, welche wie die Gravitation in grosse Fernen wirkt, gezwungen sind, so darf nach der NEWTON'schen Regel:

Effectuum naturalium ejusdem generis eaedem assignandae sunt causae, quatenus fieri potest,

und nach den sonst entwickelten Principien der Erkenntnisstheorie für diese Kraft nur eine solche vorausgesetzt werden, welche unter den uns bekannten Kräften ähnliche Repulsionserscheinungen hervorruft.

Von Kräften dieser Gattung kennen wir bis jetzt aber nur die magnetischen und electrischen. Folglich sind wir gezwungen der Sonne eine dieser Eigenschaften beizulegen. Dass die Erscheinungen zu Gunsten der letzteren sprechen, bedarf keiner weiteren Erörterungen.

Eine Frage in zweiter Linie ist diejenige nach dem Ursprunge der electrischen Fernewirkung der Sonne. Gesetzt es wäre auf dem gegenwärtigen Standpuncte unserer physikalischen Kenntnisse nicht möglich, diese Frage befriedigend durch uns bekannte

Vorgänge an der Erdoberfläche zu beantworten, so würde hierdurch die Annahme der **Existenz** einer solchen Fernewirkung aus den oben erwähnten Gründen in keiner Weise erschüttert.

Es wurde jedoch p. 116 ff. auch der Versuch gemacht, den Ursprung jener Electricität durch Vorgänge an der Sonnenoberfläche nach Analogie irdischer Processe zu erklären. Da aber die in solcher Weise geschiedenen electrischen Fluida, bezüglich ihrer Fernewirkungen im Mittelpuncte der Sonne concentrirt gedacht werden können, so würden ihre Wirkungen in die Ferne nur unter Voraussetzung einer der beiden folgenden Bedingungen aufgehoben, nämlich:

1. wenn, wie bisher angenommen, die Potentiale gleicher Quantitäten der geschiedenen Fluida gleich gross sind,
2. wenn die Träger der geschiedenen Electricitäten stets in gleicher Quantität an der Oberfläche der Sonne bleiben.

Dass die zweite Annahme auf Grund der im ganzen ersten Theile meiner Untersuchungen entwickelten Anschauungen über die allgemeine Verdampfung (p. 86—97) ausgeschlossen werden muss, und daher die erste Annahme überflüssig wird, bedarf bei aufmerksamer Erwägung der dort entwickelten Gesichtspuncte keiner weiteren Erörterung.

Die Sonne muss demgemäss **unter den gemachten Voraussetzungen** in ähnlicher Weise eine electrische Fernewirkung ausüben wie eine Dampfelectrisirmaschine, deren negativ oder positiv electrische Dämpfe sich durch fortdauernde Entfernung vom erhitzten Kessel im Raume verbreiten und so bewirken, dass der Körper, auf welchen die Fernewirkung ausgeübt wird, sich nicht in gleichem Masse ausserhalb der Ansammlung der Gesammtmenge beider geschiedenen Electricitätsmengen befindet.

Eine Frage in dritter Linie würde nun endlich die nach der **Intensität** der electrischen Fernewirkung der Sonne mit Rücksicht auf die vorausgesetzten Ursachen sein. Man sieht jedoch, dass diese Frage nur auf Grund eines umfangreicheren Beobachtungsmaterials möglich ist, als dies bis jetzt zu unserer Verfügung steht.

Ueber die Endlichkeit der Materie im unendlichen Raume.

Es wurde oben p. 89 ff. versucht, den Beweis zu liefern, dass eine endliche Dampf- oder Gasmasse, deren Elemente nur unter dem Einflusse des NEWTON'schen und MARIOTTE'schen Gesetzes stehen, im unbegrenzten EUKLIDES'schen Raume keine stabile Gleichgewichtslage anzunehmen im Stande ist. Eine solche endliche Gasmasse müsste sich in einem Raume der angeführten Art nach unendlicher Zeit, in ein Aggregat discreter Gasmolecüle von constanter und geradliniger Geschwindigkeit aufgelöst haben, deren mittlerer Abstand unendlich gross ist. Die Dichtigkeit des Gases in dem erwähnten Raume wäre demnach unendlich klein und der Raum selber als ein nicht mit Materie erfüllter zu betrachten.

Wenn man daher die Verdampfung als eine allgemeine Eigenschaft der Materie über dem absoluten Nullpunct ansieht, wie ich eine solche Annahme a. a. O. auf Grund der bis jetzt vorliegenden empirischen Thatsachen als eine rationelle Induction zu begründen versuchte, so würden sich unter den gemachten Voraussetzungen auch die grössten Massen, so lange sie endlich sind, im EUKLIDES'schen Raume nach unendlicher Zeit bis zum Verschwinden verflüchtigen müssen.

Da wir nun aber durch die Existenz der uns sinnlich wahrnehmbaren Welt empirisch zur Annahme einer wenigstens partiellen materiellen Raumerfüllung über dem absoluten Nullpuncte gezwungen sind, so müssen nothwendig eine oder mehrere der bei der obigen

Deduction gemachten Voraussetzungen unrichtig sein. Diese Voraussetzungen waren:

1. Die Quantität der die Welt bildenden Materie ist eine endliche.
2. Der Raum, in welchem sich diese Materie befindet ist der unbegrenzte EUKLIDES'sche Raum.
3. Die Zeit, während welcher sich die Materie in diesem Raume befindet ist eine unendlich grosse.
4. Die Materie besitzt ausser den bekannten allgemeinen Eigenschaften auch diejenige der Verdampfung bei jeder Temperatur über dem absoluten Nullpuncte.

Indem ich die unter 4. angegebenen physikalischen Eigenschaften der Materie voraussetze, sollen die drei übrigen nach einander untersucht werden, in wie weit sie zulässig respective zu modificiren sind.

Angenommen die Quantität der die Welt bildenden Materie ist keine endliche sondern eine unendliche. Unter dieser Voraussetzung glaube ich durch folgende Betrachtung zeigen zu können, dass alsdann an jeder Stelle des materiell erfüllten Raumes der Druck der Materie unendlich gross sein müsste.

Man denke sich zunächst eine endliche Quantität tropfbarflüssiger Masse, welche unter dem Einflusse ihrer Kräfte die Gestalt einer Kugel angenommen hat. Das Maximum des Druckes und der Dichtigkeit findet alsdann im Centrum dieser Kugel statt. Nach den obigen Entwickelungen (p. 83) wächst dieser Druck proportional dem Quadrat des Radius also auch proportional der Oberfläche der betrachteten Kugel. Soll daher die Quantität der tropfbaren Flüssigkeit eine unendliche sein, so müsste unter Voraussetzung eines endlichen Werthes ihrer Dichtigkeit die Oberfläche jener Kugel, und folglich auch der Radius derselben, einen unendlich grossen Werth haben.

Dann wäre aber auch der Druck und die davon abhängige Dichtigkeit in dieser Kugel an allen endlich vom Centrum entfernten Stellen gleich und unendlich gross.[1])

---

1) Alle diese Betrachtungen sind, wie ich nochmals ausdrücklich hervorhebe, nur unter der Voraussetzung gültig, dass die unter endlichen Verhältnissen empirisch gefundenen Eigenschaften der Materie nach dem Gesetze der Stetigkeit auch für jeden beliebig vergrösserten Werth jener Verhältnisse gültig bleiben. So könnte man z. B. die Zunahme der Dichtigkeit der Körper bei wachsendem

Man sieht dass diese Consequenzen nicht geändert werden, wenn man für den angenommenen flüssigen Aggregatzustand den gasförmigen oder festen wählt. Es ändern sich nur die Beziehungen zwischen Druck und Dichtigkeit, aber der Sinn dieser Beziehungen und der schliessliche Werth dieser Grössen bleibt bei unendlich grosser Quantität der Materie derselbe.

Entwickelt man z. B. die Bedingungen des Gleichgewichts für eine Gasmasse von überall gleicher Temperatur, deren Elemente dem NEWTON'schen und MARIOTTE'schen Gesetze unterworfen sind so hat man zunächst die beiden Gleichungen (Vgl. p. 90)

$$dp = \sigma\varphi(r)\,dr \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$p = a\sigma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

oder durch Elimination von dp

$$\frac{\sigma}{a}\varphi(r) - \frac{d\sigma}{dr} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Diese Gleichung (3) drückt allgemein die Bedingung des Gleichgewichts unter Voraussetzung eines beliebigen Anziehungsgesetzes der Massentheilchen aus. Um aber der vorliegenden Aufgabe entsprechend das NEWTON'sche Gesetz für die Wechselbeziehung der Elemente in die Gleichungen einzuführen, denke man sich die betrachtete Gasmasse in concentrische Kugelschalen von der Dicke dr zerlegt. Die Dichtigkeit in einer solchen um das Attractionscentrum

---

Drucke als eine asymptotische voraussetzen, so dass bei unendlich grossem Drucke ein gewisser endlicher Werth der Dichtigkeit nicht überschritten werden kann. Vom Standpuncte der atomistischen Theorie hätte eine solche Voraussetzung sogar eine gewisse Berechtigung, indem die absolut starren und incompressiblen Atome bis zur unmittelbaren Berührung an einander gepresst würden und auf diese Weise ein Aggregat erzeugten, dessen Dichtigkeit nicht grösser als diejenige eines starren Molecüles sein kann. Dieser Fall würde bei unendlich grossem äusseren Drucke eintreten, wenn die molecularen Repulsivkräfte endlich sind.

Wie man sieht, würden aber bei einem solchen Zustande der Materie alle diejenigen Veränderungen derselben unerklärt bleiben oder anders erklärt werden müssen, welche gerade zur Entwickelung der atomistischen Theorie geführt haben. Soll daher bei dem unendlich grossen Werth des äusseren Druckes ein gewisser Abstand der Atome zu ihrer Bewegung erhalten bleiben, so würde dies nur durch die Annahme unendlich grosser Potentialwerthe der molecularen Repulsivkräfte möglich sein. Eine solche Annahme würde jedoch wie mir scheint alle practischen Consequenzen des Princips von der Erhaltung der Kraft und jeden heuristischen Werth desselben im Gebiete der Naturforschung illusorisch machen.

gelegten Schale muss nach Eintritt des Gleichgewichts überall dieselbe sein.

Die in einer solchen Schale von dem Radius r enthaltene Masse ist alsdann, wenn σ die Dichte bezeichnet:

$$4\sigma r^2 \pi dr$$

folglich die in der ganzen mit r beschriebenen Kugel enthaltene Masse m:

$$m = 4\pi \int_0^r \sigma r^2 dr$$

Man erhält also für die Function $\varphi(r)$ den folgenden Ausdruck:

$$(4) \quad \ldots \ldots \quad \varphi(r) = g\,\frac{m}{r^2} = -\frac{4g\pi}{r^2}\int_0^r \sigma r^2 dr$$

worin g den auf die Einheiten der Masse und Entfernung bezüglichen Werth von $\varphi(r)$ und das negative Vorzeichen die überall centrale Richtung der Kraft bedeutet.

Dieser Ausdruck für $\varphi(r)$ in Gleichung (3) gesetzt giebt:

$$(5) \quad \ldots \ldots \ldots \quad \frac{4g\pi\sigma}{ar^2}\int_0^r \sigma r^2 dr + \frac{d\sigma}{dr} = 0\,.$$

Um diese Gleichung auf die gewöhnliche Form einer Differentialgleichung zu reduciren setze man:

$$\frac{a}{4g\pi} = c$$

und multiplicire die Gleichung (5) mit $\frac{cr^2}{\sigma}$. Alsdann ist

$$\int_0^r \sigma r^2 dr + \frac{cr^2}{\sigma}\,\frac{d\sigma}{dr} = 0\,.$$

Diese Gleichung differentiirt giebt:

$$\sigma r^2 + \frac{cr^2}{\sigma}\cdot\frac{d^2\sigma}{dr^2} + \frac{d\sigma}{dr}\cdot d\left(\frac{cr^2}{\sigma}\right) = 0$$

oder, da

$$\frac{d}{dr}\left(\frac{cr^2}{\sigma}\right) = \frac{2cr}{\sigma} - \frac{cr^2}{\sigma^2} \cdot \frac{d\sigma}{dr}$$

$$\sigma r^2 + \frac{cr^2}{\sigma} \cdot \frac{d^2\sigma}{dr^2} + \frac{2cr}{\sigma} \cdot \frac{d\sigma}{dr} - \frac{cr^2}{\sigma^2}\left(\frac{d\sigma}{dr}\right)^2 = 0\,.$$

Multiplicirt man diese Gleichung mit $\frac{\sigma}{cr^2}$ so erhält man schliesslich die folgende Differentialgleichung für die Beziehung der Dichtigkeit oder des Druckes zum Abstande eines Punctes vom Centrum der Gaskugel:

$$\frac{d^2\sigma}{dr^2} - \frac{1}{\sigma}\left(\frac{d\sigma}{dr}\right)^2 + \frac{2}{r}\frac{d\sigma}{dr} + \frac{\sigma^2}{c} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Es ist mir bis jetzt nicht gelungen das allgemeine Integral dieser Differentialgleichung zu finden. Um so bemerkenswerther dürfte es jedoch sein, dass eine sehr einfache Function der obigen Gleichung Genüge leistet, nämlich

$$\sigma = \frac{2c}{r^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Wäre es gestattet dieser besonderen Auflösung ohne Kenntniss des allgemeinen Integrals eine physikalische Bedeutung beizulegen, so würde sich aus der letzten Gleichung der folgende Satz ergeben:

Ein vollkommenes Gas, dessen Theilchen nur dem Newton'schen und Mariotte'schen Gesetze unterworfen sind, befindet sich bei überall gleicher und constanter Temperatur im Gleichgewicht wenn die Dichtigkeit umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von einem bestimmten Puncte an gerechnet abnimmt.

Ich bemerke nochmals, dass dieser Satz nur dann gültig wäre, wenn man einer besonderen Auflösung wie der obigen, ohne Kenntniss des allgemeinen Integrals und der Untersuchung der Grenzbedingungen, eine physikalische Bedeutung beizulegen berechtigt wäre. Bekanntlich ist dies im Allgemeinen nicht gestattet.

Unter Voraussetzung des obigen Satzes würde die Masse, welche in der mit dem Abstande des betrachteten Punctes beschriebenen Kugelschale enthalten ist, proportional diesem Abstande wachsen, da die Masse in jeder Kugelschale von der Dicke dr constant ist. Im Euklides'schen unendlichen Raume wäre einer solchen Bedingung nur durch eine unendlich grosse Quantität des Gases zu genügen, obschon dann wiederum dieselben Widersprüche mit der Erfahrung

eintreten, welche oben unter Voraussetzung einer tropfbar flüssigen Masse hervorgehoben wurden. Druck und Dichtigkeit müssten für alle endlichen Abstände vom Attractionscentrum einen unendlich grossen Werth besitzen, was der Erfahrung in dem uns zugänglichen Theile der Welt widerspricht.

Wie man aber auch diese Betrachtungen anstellen mag, man wird, wie mir scheint, stets auf derartige Widersprüche geführt, sobald man unter Voraussetzung der als fundamental betrachteten Eigenschaften der Materie die Quantität derselben im unendlichen Raume als unendlirh annimmt.

Es fragt sich daher, in welcher Weise und unter welchen Bedingungen kann den empirisch gegebenen Thatsachen eines endlichen Druckes und einer endlichen Dichtigkeit unter Voraussetzung der bisherigen fundamentalen Eigenschaften der Materie genügt werden.

Die erste Bedingung würde die Annahme einer endlichen Quantität der Materie sein. Dann würde aber unter Voraussetzung des unendlichen EUKLIDES'schen Raumes und einer unendlich langen Zeit der Existenz der Materie nach dem Obigen der Raum mit materiellen Molecülen erfüllt sein, deren mittlerer Abstand unendlich gross ist, d. h. es müsste dann die Dichtigkeit der Materie an allen Stellen des Raumes unendlich klein sein, was wiederum der Erfahrung widerspricht. Folglich müsste unter Annahme einer endlichen Quantität der Materie, wenn den fundamentalen Thatsachen der empirischen Welt genügt werden soll, eine oder mehrere der übrigen Voraussetzungen modificirt oder verworfen werden.

In welcher Weise dies durch die Annahme einer physischen Begrenzung des EUKLIDES'schen Raumes geschehen könnte, ist bereits im zweiten Theile durch den dort p. 93 hierüber ausgesprochenen Satz angedeutet worden.

Man könnte denselben Zweck durch die Annahme einer physischen Begrenzung der Zeit erreichen, welche seit der Existenz der Welt bis auf die Gegenwart verflossen ist, d. h. durch die Annahme eines Schöpfungsactes, durch welchen zu einer in endlicher Vergangenheit liegenden Zeit ein bestimmter endlicher Anfangszustand der Welt begonnen hat, der sich nun fortdauernd in einer für unsere Sinne und Zeiträume unmerklichen Weise dem mehrfach

erwähnten Endzustande nähert, in welchem nach unendlicher Zeit die Elemente der Materie in unendlich grossen Abständen sich befinden. Physisch wäre ein solcher Process gleichbedeutend mit einer allmäligen Auflösung der Welt in Nichts oder mit einem Verschwinden der Welt.

Unser Verstand fühlt sich aber offenbar weder durch die eine noch die andere Annahme befriedigt. Denn die Voraussetzung einer physischen Begrenzung des realen Raumes würde sofort die Frage nach der Beschaffenheit und der Entstehung dieser Begrenzung aufkommen lassen, ebenso wie die Annahme eines Schöpfungsactes keine logische sondern nur eine willkürliche Begrenzung der Causalreihe wäre, gegen welche sich unser Verstand auf Grund des ihm innewohnenden Causalitätsbedürfnisses sträubt.

Die Annahme einer Begrenzung der Zeit, als der einzig möglichen Anschauungsform für Veränderungen, sei es für die Vergangenheit in Form eines endlichen Anfanges, sei es für die Zukunft in Form eines endlichen Aufhörens aller materiellen Veränderungen, scheint mir einen Widerspruch gegen den Satz vom zureichenden Grunde zu involviren.

Anders verhält es sich dagegen mit den Eigenschaften, welche wir dem Raume beilegen. Diese Eigenschaften sind wesentlich empirischen Ursprunges. So hat sich im Gebiete der unbewussten Verstandesthätigkeit die Anschauung der dritten Dimension des Raumes wahrscheinlich auf Grund einer ganz bestimmten Classe von Ortsveränderungen entwickelt, welche gesetzmässig mit der Veränderung unseres eigenen Standpunctes zusammenhängen. Im Gebiete der Gesichtswahrnehmungen ist dies z. B. die Erscheinung der gegenseitigen Verdeckung und Lagenveränderung der Bilder auf der Netzhaut in Bezug auf rechts und links, wenn die Bewegung unseres Auges in einer zur Verbindungslinie der beiden Objecte nicht parallelen Ebene stattfindet.

Um diese, für den primitiven Zustand der unbewussten Verstandesthätigkeit jedenfalls sehr räthselhafte, Erscheinung zu erklären und dem Causalitätsgesetze zu unterwerfen, sah sich dieselbe zu einer Hypothese über die Beschaffenheit des Raumes genöthigt, und so wurde zu den zwei Dimensionen des Raumes, welche sich bereits auf niedrigen Organisationsstufen durch sinnliche Empfindungen in

Form einer Anschauung entwickelt hatten, die **dritte** Dimension gefügt. Die in einer ungeheuren Reihe von Generationen fortdauernd bestätigte Richtigkeit dieser Hypothese bei Interpretation der Einwirkungen der Aussenwelt hat dieselbe auf der gegenwärtigen Stufe der Verstandesentwickelung aller höher organisirten Thiere zu einer anschaulichen Wahrheit von solcher Gewissheit erhoben, dass wir gar nicht mehr im Stande sind, von dieser Beschaffenheit des Raumes zu abstrahiren.

Ich bemerke hierbei, dass sich ganz derselbe Process im Gebiete der **bewussten** Verstandesthätigkeit auf den verschiedenen Entwickelungsstufen unserer astronomischen Erkenntniss wiederholt hat. Auch hier war man zur Erklärung der scheinbar nur auf einer Kugelfläche vor sich gehenden Bewegungen der Himmelskörper genöthigt, eine Tiefendimension des Himmelsgewölbes als eine Eigenschaft des Raumes anzunehmen, um so durch die Anwendung der Gesetze perspectivischer Verschiebungen die **complicirten scheinbaren in einfache physische** Bewegungen der Himmelskörper zu verwandeln.

Dieser empirische Ursprung der uns bis jetzt bekannten fundamentalen Eigenschaften des Raumes ist in neuerer Zeit Gegenstand weiter gehender Untersuchungen über die Principien der Geometrie geworden.

Gauss,[1]) Riemann,[2]) Helmholtz,[3]) Lobaschefsky,[4]) Bolyai[5])

---

1) Gauss, in der 2. Abhandlung über die biquadratischen Reste. — Göttinger gel. Anz. 1816 p. 617, u. 1822 p. 1725. Vergl. Sartorius v. Waltershausen: Gauss zum Gedächtniss p. 81. Sodann einige Briefe in dem Briefwechsel von Gauss und Schumacher. Thl. II, p. 268 und 431.

2) Riemann. Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Abhandlungen der Königl. Ges. d. W. zu Göttingen Bd. XIII.

3) Helmholtz. Ueber die Thatsachen, die der Geometrie zu Grunde liegen. Nachrichten der Königl. Ges. d. W. zu Göttingen 1868. Juni 3.

4) Im Kasan'schen Boten 1829. — Schriften der Universität Kasan 1836—1838. — Crelle's Journal, T. XVII. 1837. (Géométrie imaginaire). — Geometrische Untersuchungen zur Theorie der Parallellinien. Berlin 1840. — Pangéometrie. Kasan 1855.

5) In einem Appendix zu W. Bolyai's Werke: Tentamen juventutem .... Maros Vasarhely 1832. Eine italienische Uebersetzung desselben im T. VI des Giornale di Matematiche 1868.

und in jüngster Zeit FELIX KLEIN [1]) in Göttingen haben sich von verschiedenen Seiten derartigen Untersuchungen zugewandt.[2])

Als Begründung und Erläuterung für die vorliegenden Betrachtungen erlaube ich mir hier nur folgende Stellen aus der Abhandlung RIEMANN's anzuführen (l. c. p. 15 ff.):

»Bei der Ausdehnung der Raumconstructionen in's Unmessbargrosse ist Unbegrenztheit und Unendlichkeit zu scheiden; jene gehört zu den Ausdehnungsverhältnissen, diese zu den Massverhältnissen. Dass der Raum eine unbegrenzte, dreifach ausgedehnte Mannigfaltigkeit sei, ist eine Voraussetzung, welche bei jeder Auffassung der Aussenwelt angewandt wird, nach welcher in jedem Augenblicke das Gebiet der wirklichen Wahrnehmungen ergänzt und die möglichen Orte eines gesuchten Gegenstandes construirt werden und welche sich bei diesen Anwendungen fortwährend bestätigt. Die Unbegrenztheit des Raumes besitzt aber eine grössere empirische Gewissheit, als irgend eine äussere Erfahrung.«

»Hieraus folgt aber die Unendlichkeit keineswegs; vielmehr würde der Raum, wenn man Unabhängigkeit der Körper vom Ort voraussetzt, ihm also ein constantes Krümmungsmass zuschreibt, nothwendig endlich sein, sobald dieses Krümmungsmass einen noch so kleinen positiven Werth hätte. Man würde die in einem Flächenelement liegenden Anfangsrichtungen zu kürzesten Linien verlängert, eine unbegrenzte Fläche mit constantem positiven Krümmungsmass, also eine Fläche erhalten, welche in einer ebenen dreifachausgedehnten Mannigfaltigkeit die Gestalt einer Kugelfläche annehmen würde.«

Wenn nun RIEMANN, indem er fortfährt, die Behauptung ausspricht:

»Die Fragen über das Unmessbargrosse sind für die Naturerklärung müssige Fragen. Anders verhält es sich aber mit den Fragen über das Unmessbarkleine etc.«

---

1) FELIX KLEIN. Ueber die sogenannte Nicht-EUKLIDES'sche Geometrie. Göttinger Nachrichten 1871. August 30.

2) J. ROSANES. Ueber die neuesten Untersuchungen in Betreff unserer Anschauung vom Raume. Ein Vortrag gehalten zur Habilitation an der Universität Breslau am 30. April 1870.

so glaube ich durch die im Vorstehenden aufgedeckten Widersprüche, in welche wir unter Voraussetzung des EUKLIDES'schen Raumes mit den empirischen Thatsachen der sinnlich wahrnehmbaren Welt gerathen, gezeigt zu haben, dass jene Fragen über das Unmessbargrosse hiermit in engster Verbindung stehen. In der That, es würden, wie mir scheint, jene Widersprüche für unseren Verstand fortfallen, wenn wir dem constanten Krümmungsmasse des Raumes nicht den Werth Null, sondern einen, wenn auch noch so kleinen, positiven Werth beilegten. Für den theoretischen Verstand ist offenbar der eine Werth ebenso wie der andere zunächst nur eine Hypothese zum Behufe der dem Causalitätsgesetze zu unterwerfenden Erscheinungen oder Beobachtungen der sinnlich wahrnehmbaren Welt.

Welche dieser beiden Hypothesen vom Verstande gewählt wird, ist bezüglich der begrifflichen Schwierigkeit, so weit ich sehe, gleichgültig. Der ersten Annahme, welche den EUKLIDES'schen Raum characterisirt, genügen bisher alle astronomischen Messungen so weit unsere Fernröhre den Raum zu durchdringen vermochten. RIEMANN bemerkt hierüber:

> »Setzt man voraus, dass die Körper unabhängig vom Ort existiren, so ist das Krümmungsmass überall constant, und es folgt dann aus den astronomischen Messungen, dass es nicht von Null verschieden sein kann; jedenfalls müsste sein reciproker Werth eine Fläche sein, gegen welche das unsern Telescopen zugängliche Gebiet verschwinden müsste.«

Man sieht also, dass über die Wahl der einen oder andern Annahme nur empirisch entschieden werden kann, und dass die Voraussetzung eines positiven Werthes des räumlichen Krümmungsmasses in keiner Weise einen Widerspruch mit den Erscheinungen der uns sinnlich zugänglichen Welt involviren würde, wenn man dieser Grösse nur einen hinlänglich kleinen Werth beilegte.

Dagegen würden in einem solchen Raume die Theile einer endlichen Quantität Materie, die sich mit endlichen constanten Geschwindigkeiten entfernen, nie unendlich weite Puncte erreichen können. Dieselben müssten sich nach endlichen Zeitintervallen, deren Grösse von der Geschwindigkeit der Bewegung und dem Krümmungsmasse des Raumes abhängt, wieder nähern und auf diese Weise pendelartig

periodisch lebendige Kraft in Spannkraft bei Annäherung, und Spannkraft in lebendige Kraft bei Entfernung verwandeln.

Um sich unter Benutzung des oben erwähnten Beispiels von RIEMANN in einer ebenen, dreifach ausgedehnten Mannigfaltigkeit einen derartigen Bewegungsprocess zu veranschaulichen, braucht man nur eine bestimmte Anzahl mit Abstossungskräften begabter Theilchen anzunehmen, welche bei ihrer Bewegung genöthigt sind, stets nur auf einer Kugeloberfläche zu bleiben. Entfernen sich dann diese Theilchen von einem Puncte der Kugeloberfläche radial in grössten Kreisen, so treffen sie nach einer bestimmten Zeit wieder am entgegengesetzten Pole zusammen, und verwandeln auf diese Weise in periodischen Zeitintervallen abwechselnd lebendige Kraft in Spannkraft und umgekehrt.

Man sieht also, dass unter Voraussetzung eines so beschaffenen Raumes unser Verstand zu einer physischen Begrenzung weder der Zeit noch des Raumes gezwungen ist, um bei Voraussetzung einer endlichen Quantität der Materie die allgemeinsten empirischen Thatsachen der realen Welt mit den bisher angenommenen fundamentalen Eigenschaften der Materie in Einklang zu bringen.

Es mag hierbei bemerkt werden, dass durch die auf diesem Wege gefolgerte Endlichkeit der Materie die Gesammtheit der sinnlichen Welt dem Principe von der Erhaltung der Kraft unterworfen werden kann, was bei der Voraussetzung einer unendlichen Quantität der vorhandenen Materie nur für willkürlich abgegrenzte Gebiete möglich ist.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass man auch durch andere Betrachtungen, als die oben auf Druck- und Dichtigkeitsverhältnisse basirten, bei Annahme einer unendlichen Quantität Materie im unendlichen EUKLIDES'schen Raume zu Widersprüchen mit der Erfahrung gelangt.

OLBERS hat z. B. in seiner Abhandlung »Ueber die Durchsichtigkeit des Weltraumes« [1]) darauf hingewiesen, dass die Annahme einer unendlichen Zahl von Licht und Wärme ausstrahlenden Körpern (Fixsternen) nothwendig zu dem Schlusse führt, dass das ganze

1) BODE's Jahrbuch für 1826, p. 110—121.

Himmelsgewölbe überall in einem Glanze und mit einer Wärme strahlen müsste, wie gegenwärtig die Sonnenscheibe.

Er knüpft daran die folgenden Bemerkungen:

»Wohl uns! dass doch die Natur die Sache anders eingerichtet hat: wohl uns! dass nicht jeder Punct des Himmelsgewölbes Sonnenlicht auf die Erde herabsendet. Die unerträgliche Helligkeit, die alle Vergleichung übersteigende Hitze, die dann herrschen würde, nicht einmal betrachtet. (Denn für diese, wenn sie gleich über 90000 mal grösser sein würde, als wir sie jetzt empfinden, hätte die schaffende Allmacht unsere Erde und die auf ihr vorhandenen Organismen einrichten können), will ich nur der höchst unvollkommenen Astronomie gedenken, die dann uns Erdbewohnern noch möglich bleiben würde. Vom Fixstern-Himmel würden wir nichts wissen: unsere eigene Sonne nur mühsam an ihren Flecken entdecken und blos den Mond und die Planeten als dunklere Scheiben auf dem sonnenhellen Himmelsgrund unterscheiden. Die von dem ganzen, durchaus sonnenhellen Himmel bestrahlten Planeten würden nämlich doch im Verhältniss ihrer grösseren oder kleineren Albedo dunkler erscheinen, als der übrige Himmel.«

»Aber müssen wir denn deswegen die Unendlichkeit der Fixstern-Systeme verwerfen, weil uns der ganze Himmel nicht sonnenhell erscheint? Müssen wir deswegen diese Fixstern-Systeme nur auf eine kleine Stelle des unendlichen Raumes beschränken?« —

Olbers, indem er eine Absorption im Weltraume annimmt, beantwortet diese Fragen mit »keineswegs«. Wir dagegen sind vom Standpuncte unserer gegenwärtigen physikalischen Erkenntniss, wie ich glaube, gezwungen, dieselben mit »ja« zu beantworten. Denn die Absorption von Licht- und Wärmestrahlen im Weltraume, welche Olbers zur Beseitigung jener Widersprüche mit der Erfahrung annimmt, muss nothwendig in dem absorbirenden Medium eine der lebendigen Kraft der absorbirten Strahlenmenge entsprechende Temperaturerhöhung erzeugen.

Da nun aber, unter Voraussetzung einer unendlichen Zahl von leuchtenden Körpern im unendlichen Raume, jeder in demselben willkürlich abgegrenzte und mit Materie erfüllte Raum sich wie ein

Körper in einer Hülle von sehr hoher Temperatur verhielte, so müsste jeder uns sinnlich wahrnehmbare Theil der Welt fortdauernd seine Temperatur bis zu derjenigen der einschliessenden Hülle erhöhen. Wenn man diese Beziehung als eine bereits schon sehr lange Zeit hindurch wirksame betrachtet, so müsste auch jeder Körper schon gegenwärtig eine sehr hohe Temperatur besitzen.

Es verhält sich hiermit gerade so, wie mit der frühern Annahme eines dunklen, weniger hoch erhitzten, Kernes der Sonne, welcher durch eine Licht- und wärmeabsorbirende atmosphärische Hülle, gegen die Wärmewirkung der Photosphäre dauernd geschützt sein sollte.

KIRCHHOFF widerlegt die Möglichkeit einer solchen schützenden Hülle einfach durch folgende Bemerkungen:

»Welches aber auch der Grad der Undurchsichtigkeit derselben sein möge, theils durch Strahlung, theils durch Leitung und durch Strömungen wird die Wärme mit der Zeit in der ganzen Atmosphäre verbreitet werden, und, wenn diese wirklich einmal kalt war, so muss sie im Laufe der Jahrtausende die Temperatur der Glühhitze erhalten haben. Diese Atmosphäre muss dann ähnlich auf den Kern gewirkt haben, wie die Photosphäre auf sie; der Kern muss auch in der Temperatur der Glühhitze sein.«[1])

Man sieht also, dass auch die von OLBERS angeregten Betrachtungen zur Annahme einer endlichen Quantität Materie in der Welt führen, eine Annahme, welche, wie oben gezeigt, ohne willkürliche Begrenzung der Causalreihe und unter Annahme der bis jetzt bekannten allgemeinen Eigenschaften der Materie nur unter Voraussetzung eines Nicht-EUKLIDES'schen Raumes aufrecht erhalten werden kann.

Ueber die Möglichkeit und Zulässigkeit einer solchen Voraussetzung und die Gründe, durch welche sich der menschliche Verstand genöthigt sehen würde, eine solche Hypothese über die Beschaffenheit des Raumes zu machen, in ähnlicher Weise wie sich parallel

1) G. KIRCHHOFF. Untersuchungen über das Sonnenspectrum. Abhandlungen der K. Akademie d. W. zu Berlin 1861, p. 86.

mit der Höhe der organischen und intellectuellen Entwickelung die bisherigen Eigenschaften des Raumes entwickelt haben, darüber bemerkt RIEMANN Folgendes:

»Die Entscheidung dieser Fragen kann nur gefunden werden, indem man von der bisherigen durch die Erfahrung bewährten Auffassung der Erscheinungen, wozu NEWTON den Grund gelegt, ausgeht und diese durch Thatsachen, die sich aus ihr nicht erklären lassen, getrieben allmälig umarbeitet; solche Untersuchungen, welche, wie die hier geführte, von allgemeinen Begriffen ausgehen, können nur dazu dienen, dass diese Arbeit nicht durch die Beschränktheit der Begriffe gehindert und der Fortschritt im Erkennen des Zusammenhanges der Dinge nicht durch überlieferte Vorurtheile gehemmt wird.«

»Es führt dies hinüber in das Gebiet einer anderen Wissenschaft, in das Gebiet der Physik, welches wohl die Natur der heutigen Veranlassung, nicht zu betreten erlaubt.«

Ich bemerke hierbei, dass diese und ähnliche Betrachtungen, welche die Bedeutung der angeregten Fragen für unsere Erkenntniss und Interpretation der Naturerscheinungen so bedeutsam hervorheben, den Untersuchungen RIEMANN's allein angehören.

Derselbe erhebt sich hierdurch, wie mir scheint, sehr bedeutend über das Niveau seiner Mitarbeiter, indem er uns eine Perspective der fruchtbarsten und tiefsten Speculationen über die Erklärbarkeit der Welt eröffnet.

Ueber die allgemeinen Eigenschaften der Materie.

»*Δεῖ ἐλευθέριον εἶναι τῇ γνώμῃ*
τὸν μέλλοντα φιλοσοφεῖν.«

Unsere Vorstellungen von den allgemeinen Eigenschaften der Materie und ihrer Constitution in bestimmten Körpern haben sich auf Grund der Erfahrung zur Befriedigung des Causalitätsbedürfnisses den hierbei vorkommenden Unterschieden gegenüber entwickelt. Da demgemäss alle diese Eigenschaften ursprünglich einen rein hypothetischen Character besitzen und nicht direct, sondern nur auf sehr complicirtem Wege indirect aus bestimmten Wirkungen auf unseren, mit Empfindung begabten, Körper erschlossen werden können, so ist vom Standpuncte der Erkenntnisstheorie die Frage zulässig und berechtigt:

Welchen Bedingungen müssen die allgemeinen Eigenschaften der Materie genügen, damit sie das Bedürfniss der Causalität, zu dessen Befriedigung sie hypothetisch vom Verstande der Materie beigelegt wurden, am vollkommensten stillen? —

Es wurde bereits oben (p. 177) bemerkt, dass die Frage »warum?« als Ausdruck des Causalitätsbedürfnisses nur da möglich sei, wo Unterschiede vorhanden sind.[1])

---

1) Ich sehe hierbei ab von der transscendentalen Frage nach dem Grunde der Existenz überhaupt. Diese Frage würde sich vielmehr auf den Zweck des Daseins beziehen und daher »wozu?« lauten müssen.

Es folgt hieraus, dass diejenigen Qualitäten der Materie, aus denen die Art und Weise ihres Wirkens abgeleitet werden soll, keine Unterschiede besitzen dürfen. Derartige Unterschiede sind aber mit Rücksicht auf die Anschauungsformen aller sinnlich wahrnehmbaren Vorgänge nur in dreifacher Art möglich, nämlich:

1. zeitliche Unterschiede, bei Veränderungen irgend welcher Art an ein und demselben Orte,
2. räumliche Unterschiede, bei gleichzeitiger Verschiedenheit in der Vertheilung von Qualitäten an verschiedenen Stellen des Raumes,
3. zeitliche und räumliche Unterschiede, bei der Bewegung der Körper.

Legt man die atomistische Theorie der Materie zu Grunde, ohne hierbei auf die Gründe für die Entwickelung dieser Theorie im Gebiete der Chemie näher einzugehen, so ist die erste Classe von Unterschieden durch die Annahme von Kräften beseitigt, welche von Ewigkeit bis zu Ewigkeit dem betreffenden Atome in unveränderlicher Quantität inhäriren.

Es ist bekannt, dass diese Annahme unseren gegenwärtigen Vorstellungen von der Materie allgemein zu Grunde liegt und für unseren Verstand den Character eines Axioms annimmt. Fragt man, woher dieser axiomatische Character stammt, so glaube ich daher, dass eine solche Annahme allein das Causalitätsbedürfniss durch Beseitigung der Frage »warum?« zu befriedigen im Stande ist, und daher die zweckmässigste Annahme ist, welche überhaupt vom Verstande zur Befriedigung seines Bedürfnisses gemacht werden kann.

Die zweite Classe von Unterschieden ist, wie man sieht, erst möglich, wenn die Anschauung des Raumes sich auf Grund von sinnlichen Wahrnehmungen in der früher angedeuteten Weise entwickelt hat. Es folgt hieraus, dass der Character und die Mannigfaltigkeit der hierdurch möglichen Unterschiede auf's engste mit den bis jetzt erkannten und nothwendigen Eigenschaften des Raumes zusammenhängen muss.

Gesetzt der Raum besässe nur eine Dimension und bestände in einer nach $+\infty$ und $-\infty$ ausgedehnten geraden Linie. Es sei in diesem Raume ein materielles Molecül gegeben, welches vermöge der ihm innewohnenden Kraft eine attractive Fernewirkung aus-

übt. Durch welches Gesetz müsste diese Fernewirkung characterisirt sein, wenn dem Causalitätsbedürfniss durch die Vertheilung eines mit dem Moleeüle unveränderlich verbundenen Agens im Raume vollständig genügt werden soll? Offenbar nur durch ein solches Gesetz, welches die Intensität dieses Agens auf allen Puncten der Linie, welche uns den Raum von einer Dimension repräsentirt, constant voraussetzt, weil hierdurch jeder Unterschied beseitigt wird, der uns zur Frage »warum?« und dadurch zur Forschung nach weiteren Ursachen veranlassen könnte.

In einem Raume von zwei Dimensionen, also in einer allseitig unendlich ausgedehnten Ebene, ist die Gleichartigkeit der räumlichen Beziehung von Puncten zu einem gegebenen nicht durch zwei Puncte, wie in dem oben betrachteten Raume, sondern durch ein System von unendlich vielen Puncten characterisirt, welche in Gestalt einer Kreislinie ein gegebenes Molecül umschliessen. Wenn nun wiederum dieses Molecül als die Bedingung oder der Ausgangspunct für eine derartige Vertheilung eines Kraftagens im Raume betrachtet werden soll, dass unserem Causalitätsbedürfnisse die Frage »warum?« nach der Ursache von Unterschieden bezüglich jener Vertheilung abgeschnitten ist, so muss nothwendig die veränderte Beschaffenheit des Raumes hierbei berücksichtigt werden. Denn geschieht dies nicht und nimmt man wie vorher die Intensität der Kraft als unabhängig von der Entfernung an, so wäre man im Stande, die Quantität der durch die Kraft möglichen Wirkungen nur durch eine Eigenschaft des Raumes proportional dem Abstande des geometrischen Ortes aller gleich weit entfernter Puncte zu steigern.

Da in einem Raume von zwei Dimensionen der Kreis der geometrische Ort aller Puncte ist, welche sich in gleicher räumlicher Beziehung zu einem Kraftcentrum befinden, und da die Grösse einer Kraftwirkung durch das Product aus ihrer Intensität und der Quantität der gleichzeitig veränderten Materie gemessen wird, so muss die Intensität der Kraft für das räumliche Element des geometrischen Ortes, also im vorliegenden für das Linienelement, umgekehrt wie die Dimensionen des geometrischen Ortes abnehmen, d. h. also in einem Raume von zwei Dimensionen muss die Intensität einer Centralkraft umgekehrt proportional der Entfernung vom Kraft-

centrum abnehmen. Eine derartige Annahme würde dem Bedürfnisse unseres Verstandes nach Causalität in einem Raume von zwei Dimensionen deshalb am vollkommensten entsprechen, weil hierdurch alle Unterschiede oder Veränderungen in der überhaupt möglichen Gesammtwirkung der Centralkraft im Raume verschwänden, und daher die Frage »warum?« nicht mehr aufgeworfen werden könnte. Wir haben es dann nicht nur mit einer der Zeit nach sondern auch mit einer dem Raume nach unveränderlichen Kraftquelle zu thun. Ebenso wie man bisher aus dem oben erwähnten Grunde die Unveränderlichkeit der Kräfte der Zeit nach als ein Axiom betrachtete, ebenso muss man ihnen in dem angegebenen Sinne auch die Unveränderlichkeit dem Raume nach axiomatisch beilegen, denn nur solche Kräfte können unser Verstandesbedürfniss vollständig befriedigen.

Dass dieselbe Betrachtung, auf den Raum von drei Dimensionen übertragen, zum NEWTON'schen Gesetze führt, weil in einem solchen Raume der geometrische Ort aller Puncte, die räumlich in gleicher Beziehung zu einem Kraftcentrum stehen, eine Kugeloberfläche ist, folgt aus den bereits früher (p. 178 ff.) hierüber gegebenen Andeutungen.

Der Raum ist die anschauliche Bedingung für die *gleichzeitige* Existenz von Unterschieden.[1]) Je grösser die Anzahl der Dimensionen des Raumes wird, desto mannigfaltiger wird die Möglichkeit gleichzeitiger und gleichartiger räumlicher Beziehungen. Betrachtet man eine dieser Dimensionen als eine willkürlich Veränderliche, so enthalten die übrigen Dimensionen die Bedingungen der gleichzeitigen Existenz räumlicher

---

1) Die Zeit ist die anschauliche Bedingung für die Existenz von Unterschieden überhaupt. Die Anschauung der Zeit kann sich schon in einem Organismus entwickeln, welcher vermöge des Gedächtnisses den Wechsel in der Intensität von allseitiger Reizung der Hautnerven, z. B. den Wechsel der Temperatur, percipirt. Es können diese Wahrnehmungen von mnemonisch mit einander verknüpften Zustandsveränderungen schon bei einer Raumanschauung von 0ter Dimension stattfinden, characterisirt durch den vom Organismus occupirten Ort, wobei das empfindende Subject weder Bewegung noch Unterschiedsempfindlichkeit an verschiedenen Theilen seines Körpers besitzen darf. Man sieht hieraus, dass mit Rücksicht auf die empirisch-nothwendigen Bedingungen zur Erzeugung jener Anschauungen die Zeit eine primitivere Anschauungsform als die des Raumes ist.

Unterschiede, die mit bewegungsfähiger Substanz belegt werden können. Soll daher die in einem Puncte vorhandene Quantität von Bewegungsursachen oder die potentielle Energie desselben für alle Werthe der willkürlich Veränderlichen (r) von einer Dimension constant bleiben, so müsste das Kraftgesetz $\varphi(r)$, welches für einen Raum von n Dimensionen unser Verstandesbedürfniss am vollkommensten durch Beseitigung aller zeitlichen und räumlichen Unterschiede befriedigen sollte, ausgedrückt werden durch

$$\varphi(r) = \frac{c}{n-1}$$

worin c eine von der Beschaffenheit der Kraft abhängige Constante ist.

Durch die vorstehenden Betrachtungen habe ich versucht zu zeigen, dass die Zurückführung der Naturerscheinungen, soweit sie ihrer Qualität nach auf Bewegungsphänomene begrifflich zurückführbar sind, nur durch die Annahme von Kräften geschehen kann, welche nicht nur der Zeit, sondern in der oben definirten Weise auch dem Raume nach unveränderlich vorausgesetzt werden müssen.

Vor 24 Jahren sprach HELMHOLTZ die Bedingungen für die Begreiflichkeit der Naturerscheinungen folgendermassen aus.[1])

»Die nächsten Ursachen, welche wir den Naturerscheinungen unterlegen, können selbst unveränderlich sein oder veränderlich; im letzteren Falle nöthigt uns derselbe Grundsatz nach anderen Ursachen wiederum dieser Veränderung zu suchen, und so fort, bis wir zuletzt zu letzten Ursachen gekommen sind, welche nach einem unveränderlichen Gesetze wirken, welche folglich zu jeder Zeit unter denselben äusseren Verhältnissen dieselbe Wirkung hervorbringen. Das endliche Ziel der theoretischen Naturwissenschaften ist also, die letzten unveränderlichen Ursachen der Vorgänge in der Natur aufzufinden.«

»Ob nun wirklich alle Vorgänge auf solche zurückzuführen seien, ob also die Natur vollständig begreiflich sein müsse, oder ob es Veränderungen in ihr gebe, die sich dem Gesetze einer nothwendigen Causalität entziehen, die also in das Gebiet einer

1) HELMHOLTZ. Ueber die Erhaltung der Kraft. Berlin 1847. p. 2—4.

Spontanität, Freiheit, fallen, ist hier nicht der Ort zu entscheiden; jedenfalls ist es klar, dass die Wissenschaft, deren Zweck es ist, die Natur zu begreifen, von der Voraussetzung ihrer Begreiflichkeit ausgehen müsse und dieser Voraussetzung gemäss schliessen und untersuchen, bis sie vielleicht durch unwiderlegliche Facta zur Anerkenntniss ihrer Schranken genöthigt sein sollte.«

»Wir haben oben gesehen, dass die Naturerscheinungen auf unveränderliche letzte Ursachen zurückgeführt werden sollen; diese Forderung gestaltet sich nun so, dass als letzte Ursachen der Zeit nach unveränderliche Kräfte gefunden werden sollen. Materien mit unveränderlichen Kräften (unvertilgbaren Qualitäten) haben wir in der Wissenschaft (chemische) Elemente genannt. Denken wir uns aber das Weltall zerlegt in Elemente mit unveränderlichen Qualitäten, so sind die einzigen noch möglichen Aenderungen in einem solchen System räumliche, d. h. Bewegungen, und die äusseren Verhältnisse, durch welche die Wirkung der Kräfte modificirt wird, können nur noch räumliche sein, also die Kräfte nur Bewegungskräfte, abhängig in ihrer Wirkung nur von den räumlichen Verhältnissen.«

Gerade aus den zuletzt angeführten Worten wird das Ungenügende und Einseitige dieser Forderung von nur der Zeit nach unveränderlichen Kräften für unser Verstandesbedürfniss ersichtlich. In der That, ob Unterschiede an ein und demselben Puncte des Raumes durch Veränderungen einer Kraft vermöge der Zeit nacheinander vor sich gehen, oder ob diese Unterschiede gleichzeitig vermöge der Eigenschaften des Raumes nebeneinander stattfinden, ist für das Causalitätsbedürfniss des Verstandes ganz gleichgültig.

Die gleichzeitige Verschiedenheit der chemischen Elemente im Raume treibt uns ebenso zur Erforschung der Ursachen dieser Verschiedenheit an, als dies die intensiven Unterschiede einer und derselben Kraftquelle in der Zeit thun würden.

Dass der axiomatische Character der ersten Annahme unmittelbar und instinctiv in's Bewusstsein tritt, rührt vermuthlich nur daher, dass die Zeit eine einfach, der Raum aber eine dreifach ausgedehnte Mannigfaltigkeit darstellt.

Die Aufgabe, welche HELMHOLTZ dem theoretischen Theile der Naturforschung stellt, wenn er sagt:

»Die Naturerscheinungen sollen zurückgeführt werden auf Bewegungen von Materien, mit unveränderlichen Bewegungskräften, welche nur von den räumlichen Verhältnissen abhängig sind«

würde nach dem Vorhergehenden dahin zu präcisiren sein, dass in einem Raume von drei Dimensionen jene unveränderlichen Bewegungskräfte dem Gesetze des umgekehrten Quadrates der Entfernung genügen müssten.

Bei dieser Annahme ist aber sofort ersichtlich, dass der Mannigfaltigkeit der empirischen Erscheinungen nicht durch Atome von gleicher Qualität genügt werden kann, d. h. durch einen in allen seinen Elementen gleichartig wirkenden Urstoff. Denn die fraglichen Bewegungskräfte könnten dann entweder nur abstossende oder nur anziehende sein, während uns die Erfahrung und die theoretischen Consequenzen einer solchen Annahme auf die gleichzeitige Existenz von abstossenden und anziehenden Kräften führen.

Unter dieser Voraussetzung, welche sich, wie gezeigt, aus der Verallgemeinerung des Axioms von der Unveränderlichkeit einer Kraft d. h. durch die Uebertragung dieses Begriffes auch auf den Raum ergeben hat, befinde ich mich in vollster Uebereinstimmung mit den folgenden Worten von HELMHOLTZ (a. a. O. p. 7):

»Die theoretische Naturwissenschaft wird daher, wenn sie nicht auf halbem Wege des Begreifens stehen bleiben will, ihre Ansichten mit der aufgestellten Forderung über die Natur der einfachen Kräfte und deren Folgerungen in Einklang setzen müssen. Ihr Geschäft wird vollendet sein, wenn einmal die Zurückleitung der Erscheinungen auf einfache Kräfte vollendet ist, und zugleich nachgewiesen werden kann, dass die gegebene die einzig mögliche Zurückführung sei, welche die Erscheinungen zulassen. Dann wäre dieselbe als die nothwendige Begriffsform der Naturauffassung erwiesen, es würde derselben alsdann also auch objective Wahrheit zuzuschreiben sein.«

fragt sich nun aber, ob aus der Annahme von so einfachen

Kräften die Gesammtheit der sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen in der Welt begrifflich abgeleitet werden kann, oder, um im Sinne der eben von HELMHOLTZ gebrauchten Worte zu reden, ob wirklich die Annahme solcher der Zeit und dem Raume nach unveränderlichen Kräfte die Voraussetzung für die Begreiflichkeit der Natur vollständig einschliesst.

Ich habe mich in dem psychologischen Theile der vorliegenden Untersuchungen bemüht, den bewussten Erkenntnissprocess der Menschen, wie er sich in den Wissenschaften manifestirt, im Wesentlichen als eine nur intensiv und extensiv gesteigerte Wiederholung derselben fundamentalen Verstandesoperationen darzustellen, durch deren unbewusste Anwendung sich in einer ungeheuren Reihe von Generationen, behufs der practischen Orientirung durch unbewusste Schlüsse, die so reich gegliederte Mannigfaltigkeit der realen Aussenwelt des menschlichen Bewusstseins entwickelte. Versuchen wir aber diese Mannigfaltigkeit begrifflich auf das einfachste nur denkbare Verhältniss herabzusetzen, so gelangen wir zum Begriffe einer Empfindung, welche vom empfindenden Subject durch unbewusste Anwendung des Causalitätsgesetzes auf eine Ursache bezogen wird, die sich dadurch für das empfindende Subject in ein Object verwandelt.

In der That, wenn die Existenz des Causalitätsgesetzes als die erste Bedingung für die Möglichkeit selbst der einfachsten empirischen Erfahrung angenommen werden muss, wie dies SCHOPENHAUER bereits 1813 und fünfzig Jahre später genau in derselben Weise HELMHOLTZ bewiesen hat, worüber später Ausführlicheres, so ist klar, dass auch die fundamentale Bedingung zur Existenz und Aufnahme des Materials, aus welchem sich mit Hülfe jener Function der Verstand die reale Aussenwelt aufbaut, ebenfalls als eine a priori gegebene und nicht weiter deducirbare Thatsache vorausgesetzt werden muss.

Jenes Material sind aber die Empfindungen.

Dass wir die Fähigkeit zur Empfindung nur der höher organisirten Materie beilegen, geschieht lediglich auf Grund einer unvollständigen Induction mit Hülfe eines Analogie-Schlusses. Wären wir im Stande, vermöge feiner ausgebildeter Sinnesorgane die gruppenweise geordneten Molecularbewegungen eines Krystalles

zu beobachten, wenn derselbe an irgend einer Stelle gewaltsam verletzt wird, wir würden wahrscheinlich unser Urtheil, dass die hierdurch erregten Bewegungen des Krystalles absolut ohne gleichzeitige Erregung von Empfindungen stattfinden, als ein unentschiedenes oder jedenfalls sehr hypothetisches zurückhalten.

Die empirischen Bedingungen, unter denen dieser einfachste und elementarste Process der unbewussten Verstandesthätigkeit vor sich gehen kann, lassen sich bei unserer gegenwärtigen Anschauungsweise der Materie in einem Organismus realisirt denken, der nur die Eigenschaft besitzt, wechselnde Zustände der Empfindung auf Grund äusserer Reize mit einander zu verknüpfen. Die räumliche Unterschiedsempfindlichkeit zur Localisirung des empfundenen Reizes wäre hierbei noch nicht erforderlich, so dass für ein solches Wesen, wenn seine Verstandesthätigkeit zu einer bewussten erhoben werden könnte, die Anschauungsformen nur in der Causalität und der Zeit bestehen würden, denn die Vorstellung eines Raumes, selbst nur von 0ter Dimension, d. h. eines bestimmten Ortes, welchen das empfindende Subject einnimmt, würde mindestens noch die Vorstellung eines zweiten Ortes voraussetzen, wozu in den angenommenen Verhältnissen empirisch keine Veranlassung gegeben ist.

Hieraus scheint mir hervorzugehen, dass das Phänomen der Empfindung eine viel fundamentalere Thatsache der Beobachtung als die Beweglichkeit der Materie ist, welche wir ihr als die allgemeinste Eigenschaft und Bedingung zur Begreiflichkeit der sinnlichen Veränderungen beizulegen gezwungen sind.

Vergegenwärtigt man sich nun aber die empirischen Thatsachen, zu deren deductiver Ableitung die oben erwähnten Eigenschaften der Materie beigelegt wurden, so enthalten dieselben nur zeitliche und räumliche Beziehungen, welche durch Kräfte in ein gesetzmässiges Causalverhältniss gebracht sind. Es ist daher selbstverständlich, dass aus diesen Eigenschaften auch deductiv keine anderen Thatsachen der Erfahrung abgeleitet werden können, als solche, welche sich nur auf räumliche und zeitliche Verhältnisse beziehen.

Die empirische Thatsache der Empfindung kann folglich nicht aus jenen Eigenschaften der Materie abgeleitet werden, denn die

Vorstellung irgend einer Empfindungsqualität als solcher enthält begrifflich weder causale, noch räumliche, noch zeitliche Elemente.

Dasjenige, was bei oberflächlicher Betrachtung an räumlichen und zeitlichen Verhältnissen in einer Empfindung zu liegen scheint, insofern der Sitz derselben doch an einem bestimmten Orte und zu einer bestimmten Zeit existiren muss, bezieht sich offenbar nicht auf den Inhalt und die Beschaffenheit der Empfindung, sondern nur auf ein Verhältniss der Empfindung zur Zeit und zum Raume des empfindenden Subjects. Auch das causale Element in einer Empfindung hat mit der begrifflichen Qualität derselben gar nichts zu thun, dasselbe tritt nur dann erst auf, wenn mittelst des Causalitätsgesetzes eine vorhandene Empfindung als die Wirkung einer Ursache aufgefasst wird, wodurch letztere aber sofort in ein Object der Aussenwelt verwandelt und daher begrifflich von der Vorstellung der Empfindung als solcher gänzlich getrennt wird.*

Deshalb ist auch eine begriffliche Zergliederung irgend einer Empfindungsqualität vollständig unmöglich; denn wäre dies nicht der Fall, so müsste man in einem andern Menschen nur durch Worte die Vorstellung einer Farben-, Schall-, Geruchs- oder Gehörsempfindung hervorrufen können, ohne dass derselbe durch eine bereits vorangegangene Empfindung dieser Qualitäten durch Analogien daran erinnert werden könnte.

Aus diesen Betrachtungen dürfte sich ergeben, dass bei den bisher der Materie beigelegten Eigenschaften gegenüber denjenigen Veränderungen in der Natur, welche mit Empfindungsphänomenen verbunden sind, für den menschlichen Verstand nur folgende Alternative gestellt werden kann:

entweder auf die Begreiflichkeit der gedachten Erscheinungen für immer zu verzichten oder die allgemeinen Eigenschaften der Materie hypothetisch um eine solche zu vermehren, welche die einfachsten und elementarsten Vorgänge der Natur unter einen gesetzmässig damit verbundenen Empfindungsprocess stellt.

Ehe ich in meinen Betrachtungen fortschreite, sei es mir gestattet, die Bedeutung und Entscheidung der gestellten Alternative an einigen Analogien im Fortschritte des bewussten Erkenntnissprocesses deutlich zu machen.

Die Entwickelung unserer Erkenntniss der Himmelserscheinungen liefert hierzu die besten Beispiele. Von den ältesten Zeiten astronomischer Cultur bis zu dem Auftreten von COPERNICUS und KEPLER bestand die ganze Arbeit des Verstandes bei der begrifflichen Erschöpfung der Phänomene einzig und allein darin, unter Voraussetzung der Beweglichkeit der Himmelskörper ihre Bahnen und Geschwindigkeiten auf die a priori bekannten Gesetze des Raumes und der Zeit zurückzuführen. Die Veränderungen sollten rein phoronomisch aus den Bewegungen sowohl der Himmelskörper als auch unseres eigenen Standpunctes nach den mathematisch bestimmbaren Gesetzen der perspectivischen Verkürzungen oder parallactischen Verschiebungen abgeleitet werden. Durch Entdeckung des Copernicanischen Systems und noch vollständiger durch die Entdeckung der KEPLER'schen Gesetze wurde diese phoronomische Aufgabe bezüglich unseres Planetensystems im Allgemeinen vollständig gelöst. Gleichzeitig war nun aber durch das Copernicanische System, welches die Sonne in das gemeinsame Centrum aller kreisförmigen Planetenbahnen versetzte, eine merkwürdige räumliche Beziehung der bewegten Körper zur Sonne eingetreten, zu welcher die KEPLER'schen Gesetze auch noch eine nicht minder überraschende zeitliche Beziehung hinzufügten, indem sie die Geschwindigkeiten in der Bahn abhängig von dem Abstande des Planeten von der Sonne machten. Man sieht, wäre zu den Zeiten KEPLER's die Entwickelung der mechanischen Begriffe eine so vollständige wie in der Gegenwart gewesen, so wäre die Annahme einer in der Sonne befindlichen Kraft, welche auf die Planeten wirkte, schon damals allgemein zu einer logischen Nothwendigkeit geworden, denn der gegenwärtig klar entwickelte mechanische Begriff der Kraft enthält nichts anderes als den Ausdruck einer räumlichen und zeitlichen Beziehung zweier Körper.

Der menschliche Verstand sah sich also hier im Laufe des astronomischen Erkenntnissprocesses zum ersten Male in eine ähnliche Alternative versetzt, wie ich sie oben im Erkenntnissprocesse der Naturphänomene überhaupt aufgedeckt habe. Die Alternative war hier nur eine einfachere. Es handelte sich darum, entweder auf ein Verständniss jener zeitlichen und räumlichen Beziehung der Planeten zur Sonne zu verzichten und hiermit auf jeden weiteren Fortschritt

in der Astronomie, oder den Himmelskörpern ausser der Eigenschaft der Beweglichkeit noch eine solche Eigenschaft beizulegen, welche ein der räumlichen und zeitlichen Beziehung zweier Körper adäquates Element der Vorstellung enthält. Ein solches Vorstellungselement konnte natürlich, wie schon der Name besagt, nur aus dem Bereiche bereits vorhandener oder bekannter Vorstellungen geschöpft werden, welche sich auf Grund sinnlicher Wahrnehmungen in uns entwickelt haben. Da sich nun der ganze Reichthum aller unserer Vorstellungen über Naturphänomene rein empirisch nur aus den an der Erdoberfläche wahrgenommenen Erscheinungen entwickelt, so musste man sich unter diesen Erscheinungen nach einer solchen umsehen, welche eine räumliche und zeitliche Beziehung zwischen zwei Körpern darstellt. Eine solche Beziehung findet beim Phänomen des Falles der Körper statt. Die beiden Körper sind die Erde und das fallende Object. Die räumliche Beziehung ist hierbei durch die überall gleiche Richtung der Bewegung nach dem Erdmittelpuncte, die zeitliche durch die Abhängigkeit der Geschwindigkeit des fallenden Körpers von dem durchlaufenen Wege dargestellt. Entschliesst man sich daher, eine ähnliche Beziehung zwischen der Sonne, den Planeten und Doppelsternen vorauszusetzen, so hat der Verstand gleichsam wieder Arbeit, indem er seine Operationen auf die Deduction der durch die Beobachtung genauer bestimmten räumlichen und zeitlichen Beziehungen der Himmelskörper anwendet.

Durch einen solchen Entschluss wird daher dem Verstande wieder die Möglichkeit zur Befriedigung eines mit seiner Natur zusammenfallenden Bedürfnisses eröffnet, und er befriedigt dieses Bedürfniss mit jenem Gefühle des Behagens und der Lustempfindung, mit welchem der Hungrige die ihm gebotene Nahrung verzehrt.

Es ist das Verdienst NEWTON's, sich zum ersten Male im Erkenntnissprocesse der Menschheit mit Klarheit jene Alternative den Himmelserscheinungen gegenüber zum Bewusstsein gebracht und gleichzeitig mit dieser intellectuellen Klarheit die Grösse des moralischen Muthes verbunden zu haben, um unbekümmert um die Bedenken seiner Zeitgenossen, die Uebertragung der beim Falle irdischer Körper beobachteten Beziehungen als Gravitationskraft auf Erde, Mond und schliesslich auf alle Himmelskörper zu vollziehen. Ebenso eröffnet sich der Physik des Himmels nur

durch eine analoge Uebertragung von Eigenschaften irdischer Körper auf die Materie der Gestirne die Möglichkeit zur Erklärung aller übrigen Phänomene derselben.

Erwägen wir nach diesen Betrachtungen die oben aufgestellte Alternative bezüglich des mit den mechanischen Processen hypothetisch aber gesetzmässig zu verbindenden Empfindungsvorganges, so kann unsere Entscheidung nicht zweifelhaft sein.

Die Voraussetzung eines solchen Vorganges bei der gegenseitigen Einwirkung zweier Massenelemente kann jedoch für die Erklärung der Naturerscheinungen nur dann practische und heuristische Bedeutung gewinnen, wenn derselbe in gesetzmässiger Weise die zeitlichen und räumlichen Verhältnisse, d. h. die relative Bewegung der beiden Elemente beeinflusst.

Im bewussten Leben wird dieser Einfluss allgemein durch zwei Empfindungsqualitäten ausgeübt, die wir mit den Namen: Lust und Unlust bezeichnen.

Bei der relativen Bewegung zweier materiellen Puncte können bezüglich der dabei geleisteten Arbeit ebenfalls nur zwei Fälle in Betracht kommen, entweder die Puncte bewegen sich im Sinne der zwischen ihnen wirksamen Kraft: und dann wird Spannkraft oder Potentialenergie in lebendige Kraft oder Bewegungsenergie verwandelt, — oder sie bewegen sich durch Einfluss einer äusseren Ursache im entgegengesetzten Sinne der Kraft: und dann wird Bewegungsenergie in Potentialenergie verwandelt.

Es ist klar, dass alle materiellen Veränderungen in der Natur, insofern hierbei eine Arbeitsleistung der bewegten Massenelemente in dem angedeuteten Sinne stattfindet, entweder dem ersten oder zweiten Falle untergeordnet werden können.

Zwei Massenelemente, deren Bewegung nur unter dem Einflusse ihrer gegenseitigen Kräfte stattfindet, werden jedoch stets nur die erste Art der Arbeitsleistung vollziehen können, d. h. sie werden sich bei attractiven Kräften nähern, bei repulsiven entfernen.

Die Umkehr dieser Bewegungen und dadurch auch die Umkehr des Arbeitsprocesses kann nur durch die Einwirkung eines dritten Körpers bewirkt werden, z. B. durch den Zusammenstoss mit einem anderen Elemente. Nimmt man nun auf Grund dieser Betrachtungen und wegen gewisser Analogien beim bewussten Empfindungsprocesse

die erste Gattung der Arbeit, d. h. die Verwandlung von Spannkraft in lebendige Kraft als mit einer Lustempfindung verknüpft an, so ergiebt sich hieraus für die Natur der elementaren Kräfte eine bestimmte Bedingung, welcher sie genügen müssen, wenn die Erregung jener Empfindungen von practischer Bedeutung, d. h. von Einfluss auf ihre relativen Bewegungen sein soll. Diese Bedingung würde sich folgendermassen ausdrücken lassen:

> Die den Elementen der Materie innewohnenden Kräfte müssen so beschaffen sein, dass die unter ihrem Einflusse stattfindenden Bewegungen dahin streben, in einem begrenzten Raume die Anzahl der stattfindenden Zusammenstösse auf ein Minimum zu reduciren.

Denkt man sich also z. B. im Sinne der mechanischen Theorie der Gase einen cubischen Raum mit bewegten Gasmolecülen erfüllt, so müsste die gegenseitige Einwirkung dieser Molecüle eine derartige sein, dass sich ihre Bewegungen mit der Zeit in drei Gruppen theilten, von denen jede parallel zu zwei Seitenflächen vor sich ginge. In diesem Falle würden gar keine Zusammenstösse der Molecüle mehr untereinander, sondern nur noch mit je zwei einander gegenüberliegenden Gefässwänden stattfinden und daher die Zahl der Zusammenstösse auf ein Minimum reducirt sein. Hierdurch wäre nach dem Obigen gleichzeitig die Quantität derjenigen Arbeitsleistung in der Zeiteinheit auf ein Minimum gebracht, vermöge deren lebendige Kraft in Spannkraft verwandelt wird. Es wäre dann also gleichzeitig mit diesem Zustande das Minimum von Unlust in jenem Raume erreicht.

Wie man sieht würden durch die gemachte Annahme alle Ortsveränderungen der Materie, gleichgültig ob sie an unorganischen oder organischen Naturkörpern vor sich gehen, dem folgenden Gesetze unterworfen sein, welches im Wesentlichen bereits oben (p. 217) ausgesprochen wurde:

> Alle Arbeitsleistungen der Naturwesen werden durch die Empfindungen der Lust und Unlust bestimmt, und zwar so, dass die Bewegungen innerhalb eines abgeschlossenen Gebietes von Erscheinungen

sich so verhalten, als ob sie den unbewussten Zweck verfolgten, die Summe der Unlustempfindungen auf ein Minimum zu reduciren.

Die Gültigkeit dieses Gesetzes im bewussten Leben für die Bewegungen des Thier- und Menschenkörpers nachzuweisen, dürfte nicht allzu schwierig sein. Anders dagegen verhält es sich mit dem empirischen Beweise für die Existenz eines gleichzeitig mit der sogenannten mechanischen Arbeitsleistung verknüpften Empfindungszustandes der materiellen Elemente. Nach unseren gegenwärtigen Vorstellungen von den Eigenschaften der Materie sind die einzigen Veränderungen, welche an einer um einen Centralkörper nach den Kepler'schen Gesetzen frei bewegten Masse vor sich gehen, die äusserlich wahrnehmbaren Orts- und Geschwindigkeitsveränderungen. Bei Vernachlässigung der Dimensionen des elliptisch bewegten Körpers befindet sich derselbe in allen Theilen seiner Bahn vollkommen im Gleichgewichte, mag er bei Annäherung an den im Brennpuncte der Ellipse befindlichen Centralkörper Spannkraft in lebendige Kraft, oder mag er bei Entfernung von demselben lebendige Kraft in Spannkraft verwandeln. Dieser Unterschied in der Qualität der Arbeitsleistung bleibt bei der bisherigen Vorstellung von den Eigenschaften der Materie, soweit nicht die Einwirkung electrischer Massen in's Spiel kommt, vollkommen indifferent für den inneren Zustand der Körper.

Nach der oben aufgestellten Hypothese sind jedoch an diese beiden Arten der Arbeitsleistung zwei fundamentale Empfindungsvorgänge geknüpft, die wir im bewussten Leben mit Lust und Unlust bezeichnen. Man mag die Intensität dieser Empfindungen so gering und unbedeutend annehmen wie man will, aber die Hypothese von ihrer Existenz ist nach meiner Ueberzeugung eine nothwendige Bedingung für die Begreiflichkeit der thatsächlich vorhandenen Empfindungsphänomene in der Natur. Um diese Hypothese für die logisch-mathematische Deduction von Erscheinungen fruchtbar zu machen, musste ihr eine bestimmte Gestalt in Form eines Gesetzes gegeben werden. Ob aus diesem Gesetze bekannte Erscheinungen zu erklären und neue daraus abzuleiten sind, muss die Zukunft lehren. Um jedoch die oben für die elliptische Bewegung einer Masse um einen Centralkörper stattfindenden Verhält-

nisse an einem bestimmten Beispiele zu erläutern, wähle ich die Beziehung der Erde zur Sonne.

Im Jahre 1870 betrug das Maximum der Geschwindigkeit, mit welcher sich in der Zeit vom 24. bis 26. März die Erde von der Sonne in Folge der Variationen des Radiusvectors entfernte 498.1 Meter in der Secunde. Das Maximum der Annäherungsgeschwindigkeit fiel in jenem Jahre auf die Zeit vom 1. bis 2. October und betrug 502.4 Meter in der Secunde. Berechnet man hieraus mit gehöriger Berücksichtigung der Intensität der Attraction der Sonne in mittlerem Erdabstande die Arbeitsgrösse, welche dieser Umwandlung von Spannkraft in lebendige Kraft und umgekehrt entspricht, so ergiebt sich, dass jede Masseneinheit der Erde durchschnittlich in 23.3 Minuten (unter dem Einfluss der Schwere an der Erdoberfläche) 424 Meter gehoben werden könnte. Wäre also die Erde eine Kugel von Wasser, so könnte mit der Arbeit, welche sie im März zur Verwandlung von lebendiger Kraft in Spannkraft gebraucht (positive Arbeitsleistung) und im October zur Verwandlung von Spannkraft in lebendige Kraft (negative Arbeitsleistung) in der Zeit von 23.3 Minuten ihre Temperatur von 0° auf 1° erhöht werden.

Es würden sich vielleicht durch genauere statistische Untersuchungen solcher Processe an der Erdoberfläche, welche an höher organisirten Gebilden einen periodischen Wechsel im Laufe des Jahres zeigen, feststellen lassen, ob eine Beziehung zu den angedeuteten Verhältnissen stattfindet. Der Einfluss der Jahreszeiten könnte durch kritische Vergleichungen mit analogen Processen auf der südlichen Hemisphäre oder durch geeignete Beobachtungen in dunklen Räumen von constanter Temperatur möglicherweise eliminirt werden.

Dass übrigens bei den oben angegebenen bedeutenden Näherungs- und Entfernungsgeschwindigkeiten der Erde, schon vermöge ihres eigenen Magnetismus electrische Inductionsphänomene an ihrer Oberfläche auftreten, und dass bei Annahme eines magnetischen Zustandes der Sonne und bei Berücksichtigung der Neigung ihrer Achse diese Phänomene beträchtlich verstärkt werden müssen, ist eine physikalische Nothwendigkeit. Die Maxima der Polarlichter und magnetischen Störungen gerade um jene Zeiten des Jahres dürften hiermit im Zusammenhange stehen.

Indem ich es bei den hier gemachten Andeutungen bewenden

lasse, kann ich mich nicht enthalten, die Vermuthung auszusprechen, dass wir wahrscheinlich in dem von WILHELM WEBER in seinen electrodynamischen Massbestimmungen 1846 entwickelten Gesetze der gegenseitigen Einwirkung electrischer Massen bereits ein Kraftgesetz kennen, welches die Bewegungen der ihm unterworfenen materiellen Puncte den oben gestellten Bedingungen entsprechend beeinflusst. Dass die Annahme eines derartigen Gesetzes nicht im Widerspruche mit dem Principe von der Erhaltung der Kraft steht, sondern demselben vielmehr noch eine allgemeinere Fassung verleiht, hat WEBER den neuerdings von HELMHOLTZ [1]) gemachten Einwendungen gegenüber in seiner neuesten Abhandlung [2]) überzeugend nachgewiesen.

Es sei mir gestattet aus dieser für die vorliegenden Betrachtungen so ausserordentlich fruchtbaren und gedankenreichen Abhandlung diejenigen Argumente wörtlich anzuführen, durch welche WEBER die Einwendungen von HELMHOLTZ zurückweist (l. c. p. 58 ff.):

Helmholtz, über den Widerspruch zwischen dem Gesetze der electrischen Kraft und dem Gesetze der Erhaltung der Kraft.

HELMHOLTZ hat in der Abhandlung: »Ueber die Bewegungsgleichungen der Electricität für ruhende leitende Körper« im Journal für die reine und angewandte Mathematik Bd. 72, Seite 7 und 8 aus dem Gesetze der electrischen Kraft die Bewegungsgleichung zweier electrischen Theilchen, für Bewegungen in Richtung der Entfernung r beider Theilchen, abgeleitet, nämlich

$$\frac{1}{cc} \cdot \frac{dr^2}{dt^2} = \frac{C - \frac{ee'}{r}}{\frac{1}{2}mcc - \frac{ee'}{r}}$$

oder $C = \frac{ee'}{r_0}$ und $\frac{2ee'}{mcc} = \varrho$ gesetzt, die Gleichung

$$\frac{1}{cc}\frac{dr^2}{dt^2} = \frac{r - r_0}{r - \varrho} \cdot \frac{\varrho}{r_0}$$

d. i. dieselbe Gleichung, welche Art. 9 gefunden worden ist.

---

1) HELMHOLTZ. Ueber die Bewegungsgleichungen der Electricität für ruhende leitende Körper. CRELLE's Journal Bd. 72. p. 7 u. 8.

2) WILHELM WEBER. Electrodynamische Massbestimmungen insbesondere über das Princip der Erhaltung der Energie. Abhandlungen der math.-phys. Classe d. K. Sächs. Ges. d. W. Bd. X p. 1–61. (Januar 1871.)

Ist $\frac{ee'}{r} > \frac{1}{2}mcc > C$, d. i. $\frac{\varrho}{r} > 1 > \frac{\varrho}{r_0}$, so ist $\frac{dr^2}{dt^2}$ und grösser als cc, also $\frac{dr}{dt}$ reell. Ist letzteres selbst positiv, so wird r wachsen, bis $\frac{ee'}{r} = \frac{1}{2}mcc$, d. i. $r = \varrho$, dann wird $\frac{dr}{dt}$ unendlich gross.

Dasselbe wird geschehen, wenn im Anfange $C > \frac{1}{2}mcc > \frac{ee'}{r}$, d. i. $\frac{\varrho}{r_0} > 1 > \frac{\varrho}{r}$, und $\frac{dr}{dt}$ negativ ist.

Diese Folgerungen stehen nach Helmholtz in Widerspruch mit dem Gesetze der Erhaltung der Kraft.

Es ist dabei nun erstens zu bemerken, dass hier zwei electrische Theilchen angenommen werden, die sich zwar mit endlicher Geschwindigkeit zu bewegen beginnen, die aber grösser ist als die Geschwindigkeit c, d. i. grösser als $439450 \cdot 10^6 \frac{\text{Millimeter}}{\text{Secunde}}$. Der Fall, dass zwei Körper mit solcher Geschwindigkeit sich gegen einander bewegen, ist nirgends in der Natur nachzuweisen; bei allen practischen Anwendungen des Gesetzes pflegt man vielmehr $\frac{1}{cc} \cdot \frac{dr^2}{dt^2}$ immer als einen sehr kleinen Bruch anzunehmen, was Beachtung verdient.

Denn nach Helmholtz, a. a. O. Seite 7, widerspricht ein Gesetz dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft, wenn zwei Theilchen, die sich demselben gemäss bewegen und mit endlicher Geschwindigkeit beginnen, in endlicher Entfernung von einander unendliche lebendige Kraft erreichen und also eine unendlich grosse Arbeit leisten können.

Es scheint hierin der Satz ausgesprochen zu sein, dass nach dem Gesetz der Erhaltung der Kraft zwei Theilchen überhaupt niemals unendliche lebendige Kraft besitzen können.

Denn man würde offenbar obigen Ausspruch auch umkehren und sagen können:

Ein Gesetz widerspricht dem Gesetze der Erhaltung der Kraft, wenn zwei Theilchen, die sich demselben gemäss bewegen und mit unendlicher Geschwindigkeit beginnen, in endlicher Entfernung von einander endliche lebendige Kraft erreichen und also einen unendlich grossen Verlust an Arbeit, die sie leisten können, erleiden.

Die beiden Theilchen müssten also immer unendliche Geschwindigkeit behalten, denn haben sie dieselbe in keiner noch so grossen endlichen Entfernung verloren, so werden sie dieselbe, nach der Natur der Potentiale, auch darüber hinaus niemals verlieren. Körper aber, die sich immer mit unendlicher Geschwindigkeit gegen einander bewegen, sind vom Bereich unserer Forschungen ausgeschlossen.

Besitzen aber zwei Theilchen immer nur endliche lebendige Kraft, so muss es einen endlichen Grenzwerth der lebendigen Kraft geben, den sie niemals überschreiten. Es ist dann möglich, dass dieser Grenzwerth für zwei electrische Theilchen e und $e' = \frac{ee'}{\varrho}$ ist, d. h. dass das Quadrat der Geschwindigkeit, mit der sich beide Theilchen gegen einander bewegen, nicht grösser als cc sein könne.

Der von HELMHOLTZ gerügte Widerspruch würde hiernach nicht in dem Gesetze liegen, sondern in seiner Annahme, wonach die beiden Theilchen mit einer Geschwindigkeit begönnen, deren Quadrat $\frac{dr^2}{dt^2} > cc$ wäre.

Wird eine solche Grenzbestimmung der lebendigen Kräfte im Gesetze der Erhaltung der Kraft nach HELMHOLTZ mit aufgenommen, so kann sie in dem Grundgesetze der electrischen Wirkung Art. 4 ebenso gut mit aufgenommen werden, indem man die dort mit U bezeichnete Arbeit, ebenso wie die mit x bezeichnete lebendige Kraft im Gesetze $U + x = \frac{ee'}{\varrho}$), beide als ihrer Natur nach positive Grössen betrachtet.

Zweitens ist zu bemerken, dass jene beiden electrischen Theilchen zwar in endlicher Entfernung von einander unendliche lebendige Kraft erreichen, diese endliche Entfernung ist aber $\varrho = \frac{2ee'}{cc}\left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon'}\right)$, eine nach unsern Massen unangebbar kleine Entfernung, aus gleichen Gründen, aus denen die electrischen Massen ε und ε' selbst nach unsern Massen unangebbar sind. Diese Entfernung ist daher Art. 9 als eine Molecularentfernung bezeichnet worden.

Die Theorie der Molecularbewegungen bedarf jedenfalls einer besonderen Entwickelung, an der es überall noch fehlt;

so lange aber als eine solche Theorie von den mechanischen Untersuchungen noch ausgeschlossen bleibt, haben alle Zweifel an physischer Zulässigkeit, die sich auf das Bereich der Molecularbewegungen beziehen, keine Berechtigung.

Drittens möge bemerkt werden, dass derselbe Einwand, dass nämlich zwei Theilchen, die mit endlicher Geschwindigkeit beginnen, in endlicher Entfernung von einander unendliche lebendige Kraft erreichen, auch das Gravitationsgesetz trifft, wenn man die Massen ponderabeler Theilchen in Puncten concentrirt annimmt. Beseitigt man aber diesen Einwand beim Gravitationsgesetze dadurch, dass man die Massen auch der kleinsten Theilchen als einen Raum erfüllend sich vorstellt, so wird man dasselbe auch bei electrischen Theilchen thun müssen, wo sich dann auch ergiebt, dass nur ein verschwindend kleiner Theil eines solchen Theilchens in einem bestimmten Augenblicke zur Entfernung ϱ gelangt; ein anderer verschwindend kleiner Theil, der schon im Augenblicke vorher zur Entfernung ϱ gelangt war, würde die unendlich grosse Näherungsgeschwindigkeit mit unendlich grosser Entfernungsgeschwindigkeit vertauscht haben. Sind aber diese verschwindenden Theile kleinster Theilchen fest an einander gekettet, so dürfte von solchen unendlichen Geschwindigkeiten gar keine Rede sein.

Auch Weltkörper können ihre Bewegung unter physisch zulässigen Verhältnissen beginnen und können, indem sie sich nach dem Gravitationsgesetze weiter bewegen, in physisch unzulässige Verhältnisse gerathen, die nur durch Mitwirkung der auf Molecularentfernungen beschränkten Molecularkräfte beseitigt werden. Ein Absehen von dieser Mitwirkung ist streng genommen nur temporär gestattet, so lange nämlich die Verhältnisse so beschaffen sind, dass ihr Einfluss entweder Null ist oder als verschwindend klein betrachtet werden darf. Ebenso wenig aber wie daraus ein Einwand gegen das Gravitationsgesetz entnommen wird, dürfte aus den physisch unzulässigen Verhältnissen, zu denen das Grundgesetz der electrischen Wirkung nach HELMHOLTZ führt, ein Einwand gegen dieses Gesetz sich ergeben, wenn man beachtet, dass diese unzulässigen Verhältnisse nur an gewisse Molecularentfernungen gebunden sind.«

Es ist von WILHELM WEBER mehrfach darauf hingewiesen worden, dass das NEWTON'sche Gravitationsgesetz, so weit es durch empirische Thatsachen bestätigt wird, in der allgemeinen Form seines Gesetzes mit einbegriffen ist. Auch in der obigen Abhandlung wird dieser Umstand wieder berührt und in einer, wie mir scheint, vollkommen einwurfsfreien Weise begründet. Die hierauf bezügliche Stelle (p. 24) lautet folgendermassen:

»Das auf die oben angegebene Weise näher bestimmte Princip der Erhaltung der Energie findet nun aber auf zwei Theilchen nur dann Anwendung, wenn das Potential der beiden Theilchen von gleicher Form ist, wie das zweier electrischen Theilchen, nämlich

$$V = \frac{ee'}{r}\left(\frac{1}{cc}\cdot\frac{dr^2}{dt^2} - 1\right).$$

Das Potential zweier ponderabelen Theilchen m, m' ist dagegen

$$V = \frac{mm'}{r},$$

was (abgesehen vom Vorzeichen) unter jener Form nur subsumirt werden kann, wenn der Werth der Constanten c für ponderabele Theilchen unendlich gross ist; doch leuchtet ein, dass in der Wirklichkeit genügen wird, der Constanten c nur einen sehr grossen Werth zuzuschreiben, statt eines unendlich grossen Werthes, um in keinen nachweisbaren Widerspruch mit der Erfahrung zu gerathen. Und bei dem ausserordentlich grossen Werthe, der auch für electrische Theilchen der Constanten c zugeschrieben werden muss, scheint es für ponderabele Körper, zur Vermeidung aller nachweisbaren Widersprüche, gar nicht nöthig einen andern Werth anzunehmen, sondern es dürfte gestattet sein, für zwei ponderabele Theilchen m, m' das Potential

$$V = \frac{mm'}{r}\left(1 - \frac{1}{cc}\frac{dr^2}{dt^2}\right)$$

zu setzen, und darin der Constanten c denselben Werth, wie im Potential electrischer Theilchen beizulegen.

Sollten aber auch künftige feinere Beobachtungsresultate ergeben, dass eine solche Gleichsetzung des Werthes der Constanten c für ponderabele Theilchen nicht gestattet sei, so würde immer übrig

bleiben, für ponderabele Theilchen der Constanten c einen noch grösseren Werth beizulegen, der leicht so gross genommen werden kann, dass jeder nachweisbare Widerspruch mit der Erfahrung vollkommen verschwindet.«

Einer mündlichen Mittheilung meines Collegen SCHEIBNER, der sich mit einer Untersuchung über die Substitution des WEBER'schen Gesetzes an Stelle des NEWTON'schen bezüglich der Bewegungen der Himmelskörper beschäftigt hat, verdanke ich die folgenden numerischen Angaben über die Unterschiede, welche sich zwischen beiden Gesetzen herausstellen würden.

Unter Beibehaltung des numerischen Werthes der WEBER'schen Constante c, könnte ein Unterschied höchstens in der Bewegung des Mercur beobachtet werden, indem hier eine saeculare Aenderung des Perihels von 6.73 Bogensecunden hervorgebracht würde. Bei der Venus betrüge dieser Einfluss nur noch 1.″43.

Indessen sah sich auch LEVERRIER zur Darstellung der Bewegung des Mercur unter Voraussetzung des NEWTON'schen Gesetzes zur Einführung empirischer Glieder genöthigt, so dass man behaupten darf:

> Die Bewegungen der Himmelskörper lassen sich durch das von WEBER für die Electricitäten gefundene Gesetz innerhalb der Grenzen unserer Beobachtungen ebenso gut wie durch das NEWTON'sche Gesetz darstellen.

Da nun aber, wie gezeigt, das NEWTON'sche Gesetz als ein specieller Fall im WEBER'schen Gesetze enthalten ist, und die Einwände betreffs der Zulässigkeit dieses Gesetzes vom Standpuncte des Princips von der Erhaltung der Energie beseitigt sind, so müsste nach den Regeln einer rationellen Induction das WEBER'sche Gesetz an Stelle des NEWTON'schen Gesetzes für die Wechselwirkung ruhender und bewegter materieller Theilchen angenommen werden.

Es mag hierbei bemerkt werden, dass GAUSS das WEBER'sche Gesetz als ein solches betrachtete, welches möglicherweise auf deductivem Wege aus allgemeineren Principien abgeleitet werden könne.

Eine hierauf bezügliche Andeutung findet sich in einem Briefe an WEBER d. d. 19. März 1845, welche im V. Bande der von der Königl. Gesellschaft zu Göttingen herausgegebenen Werke von GAUSS (p. 629

abgedruckt ist. Die betreffenden Worte von GAUSS lauten folgendermassen:

»Ich würde ohne Zweifel meine Untersuchungen längst bekannt gemacht haben, hätte nicht zu der Zeit, wo ich sie abbrach, das gefehlt, was ich wie den eigentlichen Schlussstein betrachtet hatte.

Nil actum reputans si quid superesset agendum

nämlich die Ableitung der Zusatzkräfte (die zu der gegenseitigen Wirkung ruhender Electricitätstheile noch hinzukommen, wenn sie in gegenseitiger Bewegung sind) aus der nicht instantanen, sondern (auf ähnliche Weise wie beim Licht) in der Zeit sich fortpflanzenden Wirkung. Mir hatte dies damals nicht gelingen wollen; ich verliess aber, so viel ich mich erinnere, die Untersuchung damals doch nicht ganz ohne Hoffnung, dass dies später vielleicht gelingen könnte, obwohl — erinnere ich mich recht — mit der subjectiven Ueberzeugung, dass es vorher nöthig sei, sich von der Art, wie die Fortpflanzung geschieht, eine construirbare Vorstellung zu machen.«

Diese hier von GAUSS gestellte Aufgabe ist in neuerer Zeit von RIEMANN, C. NEUMANN und BETTI in Angriff genommen und am vollständigsten von C. NEUMANN in seinen »Principien der Electrodynamik« gelöst worden, welche als Festschrift zum Jubiläum der Bonner Universität erschienen ist, nachdem eine vorläufige Mittheilung der Resultate schon im Juni 1868 in den Nachrichten der Göttinger K. Societät der Wissenschaften veröffentlicht worden war.

In wie weit nun aber »der subjectiven Ueberzeugung« von GAUSS, »dass es vorher nöthig sei, sich von der Art, wie die Fortpflanzung geschieht, eine construirbare Vorstellung zu machen« durch die von NEUMANN gegebene Lösung des erwähnten Problems Genüge geleistet wird, namentlich aber in wie weit die hierdurch bedingte »construirbare Vorstellung« des dynamischen Processes der Wechselwirkung zweier materiellen Puncte im Einklange mit anderweitigen Vorstellungen sei es des Raumes oder der Materie sich befindet, dies ist eine Frage, die hier näher untersucht werden soll.

NEUMANN stellt sich den Process als eine »Fortpflanzung des Potentiales« vor, und unterscheidet demgemäss den Zeitaugenblick t, wo ein Potentialwerth von einem Massenpuncte m

emittirt wird von demjenigen wo dieser Werth von einem andern Massenpuncte recipirt wird. Hierdurch entstehen die Begriffe von einem »emissiven« und »receptiven Potential« Vgl. NEUMANN's Abhandlung p. 20 ff.). Die hierauf bezüglichen characteristischen Worte NEUMANN's lauten folgendermassen (l. c. p. 23):

»Daraus folgt, dass der in (13) gefundene Potentialwerth ω nicht nur derjenige ist, welcher in dem gegebenen Zeitaugenblick t in m anlangt, gesendet von m_1, sondern gleichzeitig auch derjenige, welcher in jenem Augenblicke anlangt in m_1, gesendet von m.

Somit gelangen wir zu folgendem Resultat:

Bewegen sich zwei Puncte m und m_1 unter ihrer gegenseitigen Einwirkung, und bezeichnet r ihre Entfernung zur Zeit t, ferner ω das derselben Zeit entsprechende receptive Potential der beiden Puncte, so ist:

$$\omega = w + \frac{d\mathfrak{w}}{dt},$$

wo w und $\mathfrak{w}$ folgende Ausdrücke repräsentiren:

$$w = mm_1\left[\varphi - \frac{r}{cc}\frac{d\varphi}{dr}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\right]$$

$$\mathfrak{w} = mm_1\left[\frac{\int\varphi dr - r\varphi}{c} + \frac{rr}{2cc}\frac{d\varphi}{dr}\frac{dr}{dt}\right].$$

Hier ist zur Abkürzung φ für $\varphi(r)$ gesetzt, und ferner unter c die überaus grosse und constante Geschwindigkeit zu verstehen, mit welcher das Potential durch den Raum sich fortpflanzt.«

Nach dieser Vorstellungsweise muss sich also der mit constanter und endlicher Geschwindigkeit fortschreitende Potentialwerth, nachdem er den einen Massenpunct m verlassen hat, ehe er den andern m_1 erreicht, an irgend einer Stelle des Raumes befinden. Diese Stelle des Raumes würde demnach in dem betreffenden Momente der Sitz irgend welcher Bewegungsursachen sein, und daher mit Rücksicht auf ihre Beweglichkeit alle diejenigen Eigenschaften besitzen, welche wir einem materiellen Puncte beilegen. Demgemäss wäre die Annahme von im Raume mit constanter Geschwindigkeit fortschreitenden Potentialwerthen dem Begriffe nach so lange identisch mit der Annahme von fortschreitenden materiellen

Puncten, als sich begrifflich nicht ein bestimmter Unterschied zwischen beiden angeben lässt.

Dass wir für den materiellen Punct, als den localisirten Sitz von Bewegungsursachen, noch einen Träger voraussetzen, in Form einer blos daseienden, wirkungslosen Quantität Materie, geschieht nur aus einem Bedürfnisse unseres räumlichen Anschauungsvermögens, in ähnlicher Weise, wie wir auf einer Tafel einen Punct mit Kreide machen, um diesen Ort durch ein Localzeichen von andern Orten für unsere Anschauung zu unterscheiden. In der Wirklichkeit darf der Begriff der Materie von dem der Kraft nie getrennt werden, denn ein von Kräften befreiter materieller Punct wäre ein eigenschaftsloser Punct, also ein Punct, der in dem für uns nur durch seine Wirkungen existirenden Naturganzen nicht vorhanden wäre.

Helmholtz spricht sich in seiner Abhandlung »über die Erhaltung der Kraft« p. 4 über das begriffliche Verhältniss einer nur daseienden, wirkungslosen Materie zu den ihr beigelegten Kräften in folgender Weise aus:

> »Es ist einleuchtend, dass die Begriffe von Materie und Kraft in der Anwendung auf die Natur nie getrennt werden dürfen. Eine reine Materie wäre für die übrige Natur gleichgültig, weil sie nie eine Veränderung in dieser oder in unseren Sinnesorganen bedingen könnte; eine reine Kraft wäre etwas, was dasein sollte und doch wieder nicht dasein, weil wir das Daseiende Materie nennen. Ebenso fehlerhaft ist es, die Materie für etwas Wirkliches, die Kraft für einen blossen Begriff erklären zu wollen, dem nichts Wirkliches entspräche; beides sind vielmehr Abstractionen von dem Wirklichen, in ganz gleicher Art gebildet; wir können ja die Materie eben nur durch ihre Kräfte, nie an sich selbst, wahrnehmen.«

Es ist folglich die Vorstellung von Potentialwerthen, welche im Raume mit constanter Geschwindigkeit fortschreiten, in Wirklichkeit übereinstimmend mit der Vorstellung von materiellen Molecülen, welche bei gegenseitiger Einwirkung zweier Körper zwischen diesen ausgetauscht werden.

Ohne die Consequenzen einer solchen Annahme näher zu untersuchen, will ich hier noch auf eine zweite Thatsache aufmerksam

machen, welche sich aus der Vorstellung von räumlich mit einer endlichen Geschwindigkeit fortschreitenden Potentialwerthen ergiebt. Welches nämlich auch die Ursache des bestimmten Werthes jener Fortpflanzungsgeschwindigkeit sein mag, sie muss nothwendig in der Beschaffenheit des Raumes gesucht werden, in welchem die Fortpflanzung stattfindet. Wollte man sie in die wirkenden Massen verlegen, so würde für das Causalitätsbedürfniss unseres Verstandes, zu dessen Befriedigung, wie früher gezeigt, überhaupt nur die Hypothesen von bestimmten Kräften gemacht wurden, alle diejenigen Fragen von Neuem auftauchen, welche, wie mir scheint, eine jede Emissionshypothese unbeantwortet lassen muss.

Man sieht also, dass die Annahme einer räumlichen Fortpflanzung des Potentials gleichzeitig die Annahme einer neuen und zwar dynamischen Eigenschaft des Raumes involvirt, vermöge welcher die Grösse der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Potentiale jene empirisch bestimmte Constante ist.

Dass auch Wilhelm Weber eine derartige Annahme über die Beschaffenheit des Raumes auf Grund der Neumann'schen (bildlichen) Ausdrucksweise von fortschreitenden Potentialgrössen für eine nothwendige hält, geht aus einem Nachtrage hervor, welcher von Neumann seiner Abhandlung beigefügt ist und folgendermassen lautet:

»Wenn man (wie das seit Newton fast allgemein geschieht), annimmt, dass räumlich getrennte Gegenstände unmittelbar aufeinander wirken, so wird es ebenso gut auch zulässig sein, eine unmittelbare gegenseitige Wirkung zwischen Gegenständen anzunehmen, die zeitlich von einander getrennt sind: vorausgesetzt natürlich, dass eine solche Annahme zu ebenso glücklichen Consequenzen führt wie die erstere. Demgemäss bemerkt Herr Professor Weber, dem ich für seine gütige Mittheilung zu grösstem Danke verpflichtet bin, dass die von mir aufgestellte Hypothese (für den Fall $\varphi = \frac{1}{r}$) sich so formuliren lasse:

»»Die von einem Massentheilchen herrührenden Potentialwerthe sind den Entfernungen umgekehrt proportional, und gelten für spätere Zeitmomente nach Proportion der Entfernung.

Der Grund, warum sie für spätere Zeitmomente gelten, kann in einer Fortpflanzung liegen, von der sich aber nur sprechen liesse unter Voraussetzung einer höheren Mechanik (wie z. B. von der Fortpflanzung der Luftwellen nur auf Grund der Mechanik der Luft), und woraus dann folgen würde, dass die Fortpflanzung in jedem Punct des Mediums gestört und unterbrochen werden kann.««

Müsste die hier angeregte Frage, ob die zwischen zeitlich getrennten Gegenständen zu supponirende Einwirkung als etwas Primäres (nicht weiter Erklärbares) oder als etwas Secundäres (auf einfachere Vorgänge Zurückführbares) angesehen werden solle, augenblicklich entschieden werden, so würde ich in der That der erstern Auffassung unbedenklich den Vorzug geben. Aber auch in diesem Falle dürfte die von mir gewählte Ausdrucksweise wenigstens als eine bildliche nicht ungeeignet, und somit berechtigt sein.«

Es geht hieraus hervor, dass unabhängig von den Ansichten über die Zulässigkeit der supponirten Einwirkung »zeitlich getrennter Gegenstände« die NEUMANN'sche Anschauungsweise zwei neue Hypothesen in die Mechanik der Wechselbeziehung zweier räumlich getrennter Massenpuncte einführt, nämlich:

1. Die Hypothese einer dynamischen Eigenschaft des Raumes, gleichgültig ob dieselbe durch ein Medium oder durch eine Qualität des Raumes an sich vermittelt wird.
2. Die Hypothese von der gegenseitigen Einwirkung zeitlich getrennter Zustände in der oben definirten Weise.

Es dürfte vielleicht ein Gegenstand fernerer Untersuchungen sein, zu ermitteln, ob nicht durch eine passende Modification der ersten Hypothese, die zweite entbehrlich gemacht werden könnte.

In der That ist bereits durch die, bei den früheren Betrachtungen über die Endlichkeit der Materie gemachte, Annahme über die Beschaffenheit des Raumes, d. h. durch die Annahme eines positiven Werthes seines Krümmungsmasses, eine gewisse dynamische Eigenschaft desselben bedingt. Denn in einem solchen Raume müsste ein bewegter und sich selbst überlassener Körper anstatt eine gerade, eine in sich zurücklaufende krumme Linie beschreiben. Folglich erlitte das Trägheitsgesetz, nach welchem gegenwärtig bei gegen-

seitiger Anziehung zweier materieller Puncte die Richtung des Bahnelementes in die gerade Verbindungslinie beider Puncte fällt, eine Modification, so dass beide Puncte, wenn die zwischen ihnen wirksame Anziehung plötzlich aufgehoben werden könnte und sie sich nur unter dem Einflusse ihrer Trägheit fortbewegten, nicht aufeinander treffen würden. Es wäre demgemäss jede Annäherung zweier Puncte unter dem Einflusse ihrer gegenseitigen Anziehung als eine Centralbewegung aufzufassen, bei welcher, wenn wir uns den einen Punct fest denken, der andere sich unter dem Einflusse zweier Kräfte bewegt, von denen die eine stets in die Richtung des Radiusvector, die andere in die Richtung des Krümmungsradius fällt. Die letztere würde proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit und umgekehrt proportional dem Krümmungsradius sein und auf den Radiusvector projicirt jederzeit eine der Anziehung beider Puncte entgegengesetzte Componente liefern. So lange also die Puncte in grösserer Entfernung sind und die Aenderungen des Krümmungsradius und der Richtung des Radiusvector vernachlässigt werden dürfen, würde die der Anziehung entgegengesetzte Componente, wie beim Weber'schen Gesetze, stets proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit der bewegten Puncte sein.

Doch es mögen diese Betrachtungen hier abgebrochen werden; sie sollten nur dazu dienen, ein Bild davon zu geben, wie etwa die Möglichkeit einer noch anderen Ableitung des Weber'schen Gesetzes zu denken wäre, wenn man sich dazu verstehen will, dem Raume eine dynamische Eigenschaft beizulegen.

In Betreff der ausserordentlichen Fruchtbarkeit dieses Gesetzes auch im Gebiete der Molecularkräfte und chemischen Vorgänge verweise ich sowohl auf die früheren als auch namentlich auf die mehrfach erwähnten neueren Abhandlungen Weber's. In der That, man kann sich beim genauen Studium derselben kaum des Gedankens entschlagen, dass die beiden Electricitäten die fundamentalen Elemente der Materie seien, aus denen sich alle anderen chemischen Elemente unter dem Einflusse gegenseitiger Wechselwirkung mit der Zeit in ähnlicher Weise durch Anpassung an gegebene mechanische Bedingungen gebildet haben wie die verschiedenen Species der Pflanzen und Thiere durch Anpassung an complicirtere Existenz-Bedingungen vermittelst der natürlichen Züchtung.

Um jedoch nochmals die oben angedeuteten Speculationen über die Eigenschaften des Raumes und ihre Bedeutung für unsere Naturerklärung durch die Autorität RIEMANN's zu stützen, mögen hier die folgenden Worte desselben aus seiner mehrfach erwähnten Abhandlung den Schluss dieser Untersuchungen bilden:

»Die Fortschritte der letzten Jahrhunderte in der Erkenntniss der mechanischen Natur sind fast allein bedingt durch die Genauigkeit der Construction, welche durch die Erfindung der Analysis des Unendlichen und die von ARCHIMEDES, GALILEI und NEWTON aufgefundenen einfachen Grundbegriffe, deren sich die heutige Physik bedient, möglich geworden ist. In den Naturwissenschaften aber, wo die einfachen Grundbegriffe zu solchen Constructionen bis jetzt fehlen, verfolgt man, um den Causalzusammenhang zu erkennen, die Erscheinungen in's räumlich Kleine, so weit es das Mikroskop nur gestattet.« . . . .

»Die Frage über die Gültigkeit der Voraussetzungen der Geometrie im Unendlichkleinen hängt zusammen mit der Frage nach dem innern Grunde der Massverhältnisse des Raumes. Bei dieser Frage, welche wohl noch zur Lehre vom Raume gerechnet werden darf, kommt die obige Bemerkung zur Anwendung, dass bei einer discreten Mannigfaltigkeit das Princip der Massverhältnisse schon in dem Begriffe dieser Mannigfaltigkeit enthalten ist, bei einer stetigen aber anders woher hinzukommen muss. Es muss also entweder das dem Raume zu Grunde liegende Wirkliche eine discrete Mannigfaltigkeit bilden, oder der Grund der Massverhältnisse ausserhalb, in darauf wirkenden, bindenden Kräften, gesucht werden.

Die Entscheidung dieser Fragen kann nur gefunden werden, indem man von der bisherigen durch die Erfahrung bewährten Auffassung der Erscheinungen, wozu NEWTON den Grund gelegt, ausgeht und diese durch Thatsachen, die sich aus ihr nicht erklären lassen, getrieben, allmälig umarbeitet.«

Zur Geschichte und Theorie der unbewussten Schlüsse.

In dem psychologischen Theile der vorliegenden Untersuchungen habe ich versucht, die Theorie der unbewussten Verstandesoperationen, welche sich auf dem Gebiete der Sinneswahrnehmungen von so grosser Fruchtbarkeit erwiesen hat, auch auf das Gebiet der sittlichen Empfindungen als Erklärungsprincip für die dort auftretenden Erscheinungen zu übertragen. Das Characteristische, welches die hier zu betrachtenden Bewegungsphänomene von den übrigen Bewegungen der Natur unterscheidet bezeichnen wir durch die Worte »Handlungen« und »Erscheinungen.«

Nur da, wo von Handlungen gesprochen werden kann, ist es gestattet von sittlichen Empfindungen zu reden.

Aehnlich wie wir uns die Naturerscheinungen im engeren Sinne mit Hülfe von Verstandesoperationen auslegen und interpretiren, behufs unseres practischen Verhaltens ihnen gegenüber, ähnlich interpretiren wir die Handlungen belebter Wesen mit Anwendung von Verstandesoperationen. Geschieht nun diese Interpretation wie im täglichen Leben unbewusst, so erscheint die aus gegebenen Prämissen abgeleitete Conclusion als eine Qualität des Objectes, also im ersten Falle als eine Eigenschaft des Naturkörpers, an dem die Erscheinung stattfindet, im zweiten Falle als eine Eigenschaft des handelnden Wesens.

Aehnlich nun wie unser Verhalten den Naturerscheinungen gegenüber durch Erregung von Lust oder Unlust bestimmt wird,

indem wir durch unbewusste Schlüsse die Nützlichkeit oder Schädlichkeit des Objectes unter bestimmten Bedingungen anticipiren, ähnlich findet dies auch bei der Wahrnehmung von Handlungen statt, nur dass hier die Schlussreihen complicirtere sind und sich weiter in die Vergangenheit und Zukunft erstrecken. Vergleicht man mit Rücksicht auf diese Verhältnisse die verschiedenen Sinnesgebiete, so lässt sich von der allgemeinen Hautempfindung durch Geschmack-, Geruch-, Gehör- und Gesichtsempfindungen ein stufenweises Erweitern des räumlichen und zeitlichen Gebietes nicht verkennen, innerhalb dessen der Verstand durch unbewusste Anwendung des Causalitätsgesetzes und der Inductionsschlüsse die Veränderungen in der Natur beherrscht.

So giebt uns z. B. die Erregung des Haut- und Tastgefühles nur so lange Aufschluss über die Existenz und die Beschaffenheit eines Objectes, als die betreffende Stelle unseres Körpers durch Berührung mit diesem Objecte verbunden bleibt. Beim Geschmack und Geruch wird diese Berührung durch feine Vertheilung der von einem Objecte abgesonderten und durch die Luft weiter getragenen Dämpfe oder Staubtheilchen vermittelt, so dass hier die Existenz und Beschaffenheit eines Objectes schon auf grössere Entfernung in Folge der so dem Verstande gelieferten sinnlichen Zeichen erkannt werden kann. Beim Schall findet diese Vermittelung bereits durch die undulatorischen Bewegungen eines Mediums auf noch viel grössere Entfernungen statt und die gesetzmässigen Variationen der Intensität dieser Erregung bei Veränderungen unseres Standpunctes liefern Anhaltspuncte zur Beurtheilung der Entfernung. Das Licht endlich dehnt diese Beziehung bis zu den Grenzen des sichtbaren Universums aus und gestattet den höher organisirten Thieren in vollkommneren optischen Apparaten die unmittelbare Wahrnehmung von Bewegungsphänomenen.

Wenn man nun berücksichtigt, wie hier im Gebiete der Sinnesempfindungen entsprechend der Verschiedenheit der äusseren Vorgänge auch die Qualitäten der Reaction unseres Körpers bezüglich der Lust und Unlust sich ändern, so werden auch diejenigen Empfindungen, durch welche wir auf Vorgänge im Gebiete der Handlungen reagiren, qualitativ von den oben erwähnten Empfindungen verschieden sein. Die Bedeutung einer Handlung erschliesst sich uns im täg-

lichen Leben ebenso durch unbewusste Schlüsse zum Zwecke der practischen Orientirung, wie die Wahrnehmungen im Gebiete der Sinnesempfindungen. Entsprechend aber der Verschiedenheit des Gebietes von Wahrnehmungen im Bereiche der Handlungen, sind auch die hierdurch erregten Empfindungen von Lust und Unlust verschieden und erstrecken sich, da wir selbst handelnde Wesen sind, auch auf die eigenen Handlungen. Wir bezeichnen im Allgemeinen diese Empfindungsqualitäten, wenn sie hinreichende Intensität besitzen, mit Scham und sittlicher Freude, wobei man jedoch diese Begriffe in Ermangelung passenderer Worte in ungeeigneter Weise zu verallgemeinern hat. Jedenfalls dürften die gewählten Worte für die hier in Betracht kommende Reactionsfähigkeit eines menschlichen Organismus auf Handlungen als charakteristische und significante angesehen werden.

Es erscheinen also vom Standpunkte unserer Betrachtung die Empfindungen dieser Gattung gleichsam als die Erregungen eines sechsten Sinnes auf Grund der Verschiedenheit äusserer Vorgänge, welche ein Individuum behufs der practischen Orientirung in der Aussenwelt für das eigene Wohl und Wehe zu berücksichtigen hat.

Die Hypothese der unbewussten Verstandesoperationen setzt nun aber, wie man sieht, als primitivste und erste Operation die unbewusste Anwendung des Causalitätsgesetzes voraus, indem erst durch Annahme einer Ursache für eine erregte Empfindung die Vorstellung eines von unserem Körper verschiedenen Objectes in der Aussenwelt möglich ist. Dem entsprechend tritt diese Hypothese zuerst auch bei denjenigen Männern auf, welche das Causalitätsgesetz auf Grund der allgemeinen Beschaffenheit aller sinnlichen Wahrnehmungen als ein a priori vor aller Erfahrung unserem Verstande innewohnendes betrachten.

Nachdem Kant bereits die Apriorität des Causalitätsgesetzes aus der Succession wahrgenommener Veränderungen zu beweisen versucht hatte [1]), hat Schopenhauer das Verdienst, zuerst den richtigen und entscheidenden Beweis im Jahre 1813 in seiner unten citirten Schrift [2]) geliefert zu haben. Ueber 50 Jahre später hat Helmholtz, ohne Schopenhauer zu kennen und daher zu citiren,

1) Kant. Kritik der reinen Vernunft. 5. Aufl. p. 246 ff.

2) Schopenhauer. Ueber die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden

in seiner physiologischen Optik genau denselben Beweis gegeben, was vielleicht für die Richtigkeit desselben keine unwesentliche Stütze sein dürfte.[1]

Da es mir für die fernere Entwickelung der Wissenschaft und die Wahrung der historischen Gerechtigkeit bei der Conception einer so fundamentalen Hypothese von Wichtigkeit erscheint, meine Behauptungen derartig mit Thatsachen zu belegen, dass jeder Leser unmittelbar in den Stand gesetzt wird, sich hierüber ein selbständiges Urtheil zu bilden, so habe ich in Folgendem in übersichtlicher Weise Citate aus SCHOPENHAUER's Schriften mit Citaten aus HELMHOLTZ's Physiologischer Optik zusammengestellt.

Die den Citaten beigesetzten Zahlen bedeuten (die Seiten der betreffenden Schriften, und beziehen sich bei SCHOPENHAUER mit beigesetztem z. G. auf die 3. Auflage seiner unten erwähnten Abhandlung »über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde«, mit beigesetztem S. auf die Abhandlung: »Ueber das Sehn und die Farben« 2. Auflage 1854. Die 1. Auflage von dieser Schrift erschien 1816. Bei HELMHOLTZ beziehen sich alle Zahlen auf die Seitennummern seiner »Physiologischen Optik«. Leipzig 1867.

SCHOPENHAUER.

(7. S.) »Zur Anschauung, d. i. zum Erkennen eines Objects, kommt es allererst dadurch, dass der Verstand jeden Eindruck, den der Leib erhält, auf seine Ursache bezieht, diese im a priori angeschaueten Raum dahin versetzt von wo die Wirkung ausgeht, und so die Ursach als wirkend, als wirklich, d. h. als eine Vorstellung derselben Art und Classe, wie der Leib ist, anerkennt. Dieser Uebergang von der Wirkung auf die Ursache ist aber ein unmittelbarer, lebendiger, nothwendiger.«

»Wirklich liegt eben in der Nothwendigkeit eines von der, empirisch allein gegebenen, Sinnesempfindung zur Ur-

HELMHOLTZ.

(430) »Die psychischen Thätigkeiten, durch welche wir zu dem Urtheile kommen, dass ein bestimmtes Object von bestimmter Beschaffenheit an einem bestimmten Orte ausser uns vorhanden sei, sind im Allgemeinen nicht bewusste Thätigkeiten, sondern unbewusste. Sie sind in ihrem Resultate einem Schlusse gleich, insofern wir aus der beobachteten Wirkung auf unsere Sinne die Vorstellung von einer Ursache dieser Wirkung gewinnen, während wir in der That direct doch immer nur die Nervenerregungen, also die Wirkungen wahrnehmen können, niemals die äusseren Objecte. Sie erscheinen aber von einem Schlusse — die-

Grunde. 1. Aufl. 1813. 2. Aufl. 1847. 3. Aufl. (nach dem Tode des Verfassers von FRAUENSTÄDT herausgegeben) 1864.

1) HELMHOLTZ. Physiologische Optik. 1867. p. 453 ff.

SCHOPENHAUER.

sache derselben zu machenden Ueberganges, damit es zur Anschauung der Aussenwelt komme, der einzige ächte Beweisgrund davon, dass das Gesetz der Causalität vor aller Erfahrung uns bewusst ist. Daher habe ich diesen Beweis dem KANT'schen substituirt, dessen Unrichtigkeit ich dargethan habe.«

»Ob nun die Empfindung, von welcher ausgehend wir zur Wahrnehmung gelangen, entsteht durch den Widerstand, den die Kraftäusserung unserer Muskeln erleidet, oder ob sie durch Lichteindruck auf die Retina, oder Schalleindruck auf den Gehörnerven u. s. f. entsteht, ist im Wesentlichen einerlei: immer bleibt die Empfindung ein blosses Datum für den Verstand, welcher allein fähig ist, sie als Wirkung einer von ihr verschiedenen Ursache aufzufassen, die er nunmehr als ein Aeusserliches anschaut, d. h. in die ebenfalls vor aller Erfahrung dem Intellect einwohnende Form, Raum versetzt, als ein diesen Einnehmendes und Ausfüllendes. Ohne diese intellectuelle Operation, zu welcher die Formen fertig in uns liegen müssen, könnte nimmermehr aus einer blossen Empfindung innerhalb unserer Haut die Anschauung einer objectiven Aussenwelt entstehen.« [1])

(S. S.) »Das Gesetz der Causalität, als abstracter Grundsatz, ist freilich, wie alle Grundsätze in abstracto, Reflexion, also Object der Vernunft: aber die eigentliche, lebendige, unvermittelte, nothwendige Erkenntniss des Gesetzes der Causalität geht aller Reflexion, wie aller Erfahrung, vorher und liegt im Verstande. Mittelst derselben werden die Empfindungen des Leibes der Ausgangspunct für die Anschauung einer Welt,

HELMHOLTZ.

ses Wort in seinem gewöhnlichen Sinne genommen — dadurch unterschieden, dass ein solcher ein Act des bewussten Denkens ist. Dergleichen wirkliche bewusste Schlüsse sind es, zum Beispiel, wenn ein Astronom aus den perspectivischen Bildern, welche ihm die Gestirne in verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Puncten der Erdbahn aus dargeboten haben, die Lage derselben im Weltraum, ihre Entfernung von der Erde u. s. w. berechnet. Der Astronom stützt seine Schlüsse auf eine bewusste Kenntniss der Sätze der Optik. Eine solche Kenntniss der Optik fehlt bei den gewöhnlichen Acten des Sehens. Indessen mag es erlaubt sein, die psychischen Acte der gewöhnlichen Wahrnehmung als unbewusste Schlüsse zu bezeichnen, da dieser Name sie hinreichend von den gewöhnlich so genannten bewussten Schlüssen unterscheidet, und wenn auch die Aehnlichkeit der psychischen Thätigkeit in beiden bezweifelt worden ist, und vielleicht auch bezweifelt werden wird, doch die Aehnlichkeit der Resultate solcher unbewussten und der bewussten Schlüsse keinem Zweifel unterliegt.«

(453) »Demgemäss müssen wir das Gesetz der Causalität, vermöge dessen wir von der Wirkung auf die Ursache schliessen, auch als ein aller Erfahrung vorausgehendes Gesetz unseres Denkens anerkennen. Wir können überhaupt zu keiner Erfahrung von Naturobjecten kommen, ohne das Gesetz der Causalität schon in uns wirkend zu haben, es kann also auch nicht erst aus den Erfahrungen, die wir an Naturobjecten gemacht haben, abgeleitet sein.«

453 »So kommen wir zur Anerkennung einer von unserem Wollen und

1) SCHOPENHAUER. Die Welt als Wille und Vorstellung, (3. Auflage) Bd. II. p. 43.

SCHOPENHAUER.

indem nämlich das a priori uns bewusste Gesetz der Causalität angewandt wird auf das Verhältniss des unmittelbaren Objects (des Leibes) zu den andern nur mittelbaren Objecten.«

(9. S.) »Unter allen Sinnen ist das Gesicht der feinsten und mannigfaltigsten Eindrücke von aussen fähig: dennoh kann es an sich blos Empfindung geben, welche erst durch Anwendung des Verstandes auf dieselbe zur Anschauung wird. Könnte Jemand, der vor einer schönen weiten Aussicht steht, auf einen Augenblick alles Verstandes beraubt werden, so würde ihm von der ganzen Aussicht nichts übrig bleiben, als die Empfindung einer sehr mannigfaltigen Affection seiner Retina, den vielerlei Farbenflecken auf einer Malerpalette ähnlich, — welche gleichsam der rohe Stoff ist, aus welchem vorhin sein Verstand jene Anschauung schuf.«

(10. S.) »Dergestalt also verarbeitet das Kind die mannigfaltigen Data der Sinnlichkeit, nach den ihm a priori bewussten Gesetzen des Verstandes, zur Anschauung, mit welcher allererst die Welt als Object für dasselbe da ist. Viel später lernt es die Vernunft gebrauchen: dann fängt es an die Rede zu verstehn, zu sprechen und eigentlich zu denken.«

(52. 53. z. G.) »Erst wenn der Verstand, — eine Function, nicht einzelner zarter Nervenenden, sondern des so künstlich und räthselhaft gebauten, drei, ausnahmsweise aber bis fünf Pfund wiegenden Gehirns, — in Thätigkeit geräth und seine einzige und alleinige Form, das Gesetz der Causalität, in Anwendung bringt, geht eine mächtige Verwandlung vor, indem aus der subjectiven Empfindung die objective Anschauung wird. Er nämlich fasst, vermöge seiner selbsteigenen Form, also a priori, d. i. vor aller Erfahrung (denn diese ist bis

HELMHOLTZ.

Vorstellen unabhängigen, also äusserlichen Ursache unserer Empfindungen...... So wird die äussere Ursache als ein unabhängig von unserer Wahrnehmung bestehendes Object anerkannt.«

(444) »Was zunächst die Eigenschaften der Objecte der Aussenwelt betrifft, so zeigt eine leichte Ueberlegung, dass alle Eigenschaften, die wir ihnen zuschreiben können, nur Wirkungen bezeichnen, welche sie entweder auf unsere Sinne oder auf andere Naturobjecte ausüben. Farbe, Klang, Geschmack, Geruch, Temperatur, Glätte, Festigkeit gehören der ersteren Classe an, sie bezeichnen Wirkungen auf unsere Sinnesorgane. Glätte und Festigkeit bezeichnen den Grad des Widerstands, den die berührten Körper entweder der gleitenden Berührung oder dem Drucke der Hand darbieten.«

(444) »Daraus geht nun hervor, dass in Wahrheit die Eigenschaften der Naturobjecte, trotz dieses Namens, gar nichts dem einzelnen Objecte an und für sich eigenes bezeichnen, sondern immer eine Beziehung zu einem zweiten Objecte (einschliesslich unserer Sinnesorgane) bezeichnen. Die Art der Wirkung muss natürlich immer von den Eigenthümlichkeiten sowohl des wirkenden Körpers abhängen, als von denen des Körpers, auf welchen gewirkt wird.«

(445) »Ein Rothblinder wird den Zinnober schwarz oder dunkelgraugelb sehen; auch dies ist die richtige Reaction für sein besonders geartetes Auge. Er muss nur wissen, dass sein Auge eben anders geartet ist, als das anderer Menschen. An sich ist die eine Empfindung nicht richtiger und nicht falscher als die andere, wenn auch die Rothsehenden eine grosse Majorität für sich haben. Ueberhaupt existirt die rothe Farbe des Zinnobers nur, insofern es Augen giebt, die denen der Majorität der Menschen

SCHOPENHAUER.	HELMHOLTZ.
dahin noch nicht möglich), die gegebene Empfindung des Leibes als eine Wirkung auf (ein Wort, welches er allein versteht), die als solche nothwendig eine Ursache haben muss.«	ähnlich beschaffen sind. Genau mit demselben Rechte ist es eine Eigenschaft des Zinnobers, schwarz zu sein, nämlich für die Rothblinden.«
(54. 55. z. G.) »Dennoch aber ist was Getast und Gesicht liefern noch keineswegs die Anschauung, sondern blos der rohe Stoff dazu: denn in den Empfindungen dieser Sinne liegt so wenig die Anschauung, dass dieselben vielmehr noch gar keine Aehnlichkeit haben mit den Eigenschaften der Dinge, die mittelst ihrer sich uns darstellen; wie ich sogleich zeigen werde. Nur muss man hiebei Das, was wirklich der Empfindung angehört, deutlich aussondern von Dem, was in der Anschauung der Intellect hinzugethan hat. Dies ist Anfangs schwer; weil wir so sehr gewohnt sind, von der Empfindung sogleich zu ihrer Ursache überzugehen, dass diese sich uns darstellt, ohne dass wir die Empfindung, welche hier gleichsam die Prämissen zu jenem Schlusse des Verstandes liefert, an und für sich beachten.«	(443) »Vorstellung und Vorgestelltes sind offenbar zwei ganz verschiedenen Welten angehörig, welche ebenso wenig eine Vergleichung unter einander zulassen als Farben und Töne, oder als die Buchstaben eines Buches mit dem Klang des Wortes, welches sie bezeichnen. Wenn zwischen der Vorstellung in dem Kopfe eines Menschen A und dem vorgestellten Dinge irgend eine Art von Aehnlichkeit, von Uebereinstimmung wäre, so würde eine zweite Intelligenz B, welche beide das Ding und seine Vorstellung im Kopfe von A sich nach den gleichen Gesetzen vorstellte, irgend eine Aehnlichkeit zwischen ihnen finden oder doch wenigstens denken können. Denn Gleiches in gleicher Weise abgebildet (vorgestellt) müsste doch gleiche Bilder (Vorstellungen) geben. Nun frage ich, welche Aehnlichkeit soll man sich denken zwischen dem Process im Gehirn, welcher die Vorstellung eines Tisches begleitet, und dem Tische selbst?«
(55. z. G.) »Drücke ich mit der Hand gegen den Tisch, so liegt in der Empfindung, die ich davon erhalte, durchaus nicht die Vorstellung des festen Zusammenhangs der Theile dieser Masse, ja gar nichts dem Aehnliches; sondern erst indem mein Verstand von der Empfindung zur Ursache derselben übergeht, konstruirt er sich einen Körper, der die Eigenschaft der Solidität, Undurchdringlichkeit und Härte hat.«	(453) »Das natürliche Bewusstsein, welches ganz im Interesse der Beobachtung der Aussenwelt aufgeht, und wenig Veranlassung hat, seine Aufmerksamkeit dem neben dem bunten Wechsel der äusseren Objecte immer unverändert erscheinenden Ich zuzuwenden, pflegt nicht zu beachten, dass die Eigenschaften der betrachteten und betasteten Objecte Wirkungen derselben theils auf andere Naturkörper, hauptsächlich aber auf unsere Sinne sind. Indem nun so ganz abgesehen wird von unserem Nervensystem und unserem Empfindungsvermögen, als dem gleichbleibenden Reagens, auf welches die Wirkung ausgeübt
(56. z. G.) »Aber von dem gefühlten Widerstande macht sein Verstand den unmittelbaren und intuitiven Schluss auf eine Ursache dessel-	

SCHOPENHAUER.

ben, die jetzt, eben dadurch, sich als fester Körper darstellt.«

(70. z. G.) »Ich habe alle diese das Sehn betreffenden Vorgänge so ausführlich dargelegt, um deutlich und unwiderleglich darzuthun, dass in ihnen vorwaltend der Verstand thätig ist, welcher dadurch, dass er jede Veränderung als Wirkung auffasst und sie auf ihre Ursache bezieht, auf der Unterlage der apriorischen Grundanschauungen des Raumes und der Zeit, das Gehirnphänomen der gegenständlichen Welt zu Stande bringt, wozu ihm die Sinnesempfindung bloss einige Data liefert. Und zwar vollzieht er dieses Geschäft allein durch seine eigene Form, welche das Causalitätsgesetz ist, und daher ganz unmittelbar und intuitiv, ohne Beihülfe der Reflexion, d. i. der abstracten Erkenntniss, mittelst Begriffe und Worte, als welche das Material der secundären Erkenntniss, d. i. des Denkens, also der Vernunft, sind.«

(73. z. G.) »Obgleich der rein formale Theil der empirischen Anschauung also das Gesetz der Causalität, nebst Raum und Zeit, a priori im Intellect liegt; so ist ihm doch nicht die Anwendung desselben auf empirische Data zugleich mitgegeben: sondern diese erlangt er erst durch Uebung und Erfahrung. Daher kommt es, dass neugeborene Kinder zwar den Licht- und Farbeneindruck empfangen, allein noch nicht die Objecte apprehendiren und eigentlich sehen: sondern sie sind, die ersten Wochen hindurch, in einem Stupor befangen, der sich alsdann verliert, wann ihr Verstand anfängt, seine Function an den Datis der Sinne, zumal des Getastes und Gesichtes, zu üben, wodurch die objective Welt allmälig in ihr Bewusstsein tritt.«

(56. z. G.) »Brächte er die Vorstellung einer Ursach und eines Raumes,

HELMHOLTZ.

wird, und die Verschiedenheit der Wirkung nur als Verschiedenheit des Objectes, von dem sie ausgeht, beachtet wird, kann die Wirkung auch nicht mehr als Wirkung anerkannt werden (denn jede Wirkung muss Wirkung auf etwas Anderes sein), sondern sie wird als Eigenschaft des Körpers objectiv hingestellt, und nur als ihm angehörig betrachtet, und wenn man sich dann einmal darauf besinnt, dass wir diese Eigenschaften wahrnehmen, so erscheint uns consequenter Weise unser Eindruck als ein reines Bild der äusseren Beschaffenheit, der nur jenes Aeussere wiedergiebt und nur von ihm abhängig ist.

Besinnen wir uns aber über den Grund dieses Verfahrens, so ist es klar, dass wir aus der Welt unserer Empfindungen zu der Vorstellung von einer Aussenwelt niemals kommen können, als durch einen Schluss von der wechselnden Empfindung auf äussere Objecte als die Ursachen dieses Wechsels; wenn wir auch, nachdem die Vorstellung der äusseren Objecte einmal gebildet ist, nicht mehr beachten, wie wir zu dieser Vorstellung gekommen sind, besonders darum, weil der Schluss so selbstverständlich erscheint, dass wir uns seiner als eines neuen Resultates gar nicht bewusst werden.«

(449) Es fehlt an diesen Inductionsschlüssen, die zur Bildung unserer Sinneswahrnehmungen führen, allerdings die reinigende und prüfende Arbeit des bewussten Denkens; dessenungeachtet glaube ich sie doch ihrem eigentlichen Wesen nach als Schlüsse, unbewusst vollführte Inductionsschlüsse, bezeichnen zu dürfen.«

(450) »Der eigentliche letzte Grund, durch welchen alle unsere bewusst vollzogenen Inductionen überzeugende Kraft erhalten, ist das Causalitätsgesetz.«

Schopenhauer.

nebst den Gesetzen desselben, nicht schon mit; so könnte nimmermehr aus jener succesaiven Empfindung in seiner Hand das Bild eines Kubus hervorgehn.«

(57. z. G.) »Alles dieses also beweisst, dass Zeit, Raum und Causalität weder durch das Gesicht, noch durch das Getast, sondern überhaupt nicht von aussen in uns kommen, vielmehr einen innern, daher nicht empirischen, sondern intellectuellen Ursprung haben; woraus wieder folgt, dass die Anschauung der Körperwelt im Wesentlichen ein intellectueller Process, ein Werk des Verstandes ist, zu welchen die Sinnesempfindung blos den Anlass und die Data, zur Anwendung im einzelnen Falle, liefert.

Helmholtz.

(453) »Wir können überhaupt zu keiner Erfahrung von Naturobjecten kommen, ohne das Gesetz der Causalität schon in uns wirkend zu haben, es kann also auch nicht erst aus den Erfahrungen, die wir an Naturobjecten gemacht haben, abgeleitet sein.«

(454) »Wäre also das Causalitätsgesetz ein Erfahrungsgesetz, so sähe es mit seinem inductiven Beweise sehr misslich aus.«

»Endlich trägt das Causalitätsgesetz den Character eines rein logischen Gesetzes auch wesentlich darin an sich, dass die aus ihm gezogenen Folgerungen nicht die wirkliche Erfahrung betreffen, sondern deren Verständniss, und dass es deshalb durch keine mögliche Erfahrung je widerlegt werden kann.«

Schopenhauer geht hierauf zur Anwendung der entwickelten Theorie im Gebiete der Gesichtswahrnehmungen über, und erklärt unter Andern das binoculare Einfachsehen als einen Act des Verständnisses, wie dies bereits Kepler [1]) gethan hat.

Diese Thatsachen werden genügen, um die vollkommene Uebereinstimmung sowohl der Ansichten als auch der Argumente beider Denker in ihren Deductionen der Apriorität des Causalitätsgesetzes über jeden Zweifel zu erheben.

Wenn nun aber trotz dieser Beweise der Engländer Stuart Mill ein umfangreiches Buch über inductive Logik geschrieben hat und hierin das Causalitätsgesetz als ein durch Induction aus der Erfahrung gewonnenes Naturgesetz auffasst, so mag dies einerseits zeigen, was man in England auf dem Gebiete der Erkenntnisstheorie noch zu lernen hat, [2]) andererseits durch direct hierauf

1) Kepler. Dioptrice Propos. LXII.

2) »Die Apriorität des Causalitätsgesetzes ist von den Engländern und Franzosen theils noch gar nicht eingesehen, theils nicht recht begriffen: daher Einige von ihnen die früheren Versuche, für dasselbe einen empirischen Ursprung zu finden, fortsetzen. Maine de Biran setzt diesen in die Erfahrung, dass dem Willensact als Ursache die Bewegung des Leibes als Wirkung folge. Aber diese Thatsache selbst ist falsch. Keineswegs erkennen wir den eigentlichen unmittelbaren Willensact als ein von der Action des Leibes Verschiedenes und Beide als durch das Band der Causalität verknüpft; sondern Beide sind Eins und untheilbar. Zwischen

bezügliche Worte von HELMHOLTZ in nachdrücklicher und hoffentlich entscheidender Weise widerlegt werden. Die betreffenden Worte schliessen sich einer bereits oben citirten Stelle auf p. 453 der phy-

Ihnen ist keine Succession: sie sind zugleich. Sie sind Eins und das Selbe, auf doppelte Weise wahrgenommen: was nämlich der innern Wahrnehmung (dem Selbstbewusstsein) sich als wirklicher Willensact kund giebt, das Selbe stellt sich in der äussern Anschauung, in welcher der Leib objectiv dasteht, sofort als Action desselben dar. Dass physiologisch die Action des Nerven der des Muskels vorhergeht, kommt hier nicht in Betracht; da es nicht ins Selbstbewusstsein fällt, und hier nicht die Rede ist vom Verhältniss zwischen Muskel und Nerv, sondern von dem zwischen Willensact und Leibesaction. Dieses nun giebt sich nicht als Causalitätsverhältniss kund. Wenn diese beiden sich uns als Ursach und Wirkung darstellten; so würde ihre Verbindung uns nicht so unbegreiflich sein, wie es wirklich der Fall ist: denn was wir aus seiner Ursache verstehen, das verstehen wir so weit es überhaupt für uns ein Verständniss der Dinge giebt. Hingegen ist die Bewegung unserer Glieder vermöge blosser Willensacte zwar ein so alltägliches Wunder, dass wir es nicht mehr bemerken: richten wir aber ein Mal die Aufmerksamkeit darauf, so tritt das Unbegreifliche der Sache uns sehr lebhaft ins Bewusstsein; eben weil wir hier etwas vor uns haben, was wir nicht als Wirkung seiner Ursache verstehen. Nimmermehr also könnte diese Wahrnehmung uns auf die Vorstellung der Causalität führen, als welche darin gar nicht vorkommt. MAINE DE BIRAN selbst erkennt die völlige Gleichzeitigkeit des Willensacts und der Bewegung an. (*Nouvelles considérations des rapports du physique au moral, p.* 377, 378.) — In England hat schon TH. REID (On the first principles of contingent truths. Ess. VI, c. 5) ausgesprochen, dass die Erkenntniss des Causalitätsverhältnisses in der Beschaffenheit unsers Erkenntnissvermögens selbst ihren Grund habe. In neuester Zeit lehrt TH. BROWN in seinem höchst weitschweifig abgefassten Buch: *Inquiry into the relation of cause and effect, 4th. edit.*, 1835, ziemlich das Selbe, nämlich dass jene Erkenntniss aus einer uns angeborenen, intuitiven und instinctiven Ueberzeugung entspringe: er ist also im Wesentlichen auf dem rechten Wege. Unverzeihlich jedoch ist die krasse Ignoranz, vermöge welcher, in diesem 476 Seiten starken Buche, davon 130 der Widerlegung HUME's gewidmet sind, KANT's, der schon vor siebzig Jahren die Sache ins Reine gebracht hat, gar keine Erwähnung geschieht. Wäre das Lateinische die ausschliessliche Sprache der Wissenschaft geblieben; so würde dergleichen nicht vorkommen Trotz der im Ganzen richtigen Auseinandersetzung BROWN's hat in England eine Modification jener von MAINE DE BIRAN aufgestellten Lehre vom empirischen Ursprung der Grunderkenntniss des Causalitätsverhältnisses dennoch Eingang gefunden; da sie nicht ohne einige Scheinbarkeit ist. Es ist diese, dass wir das Gesetz der Causalität abstrahirten aus der empirisch wahrgenommenen Einwirkung unsers eigenen Leibes auf andere Körper. Schon HUME hatte sie widerlegt. Ich aber habe die Unstatthaftigkeit derselben in meiner Schrift »Ueber den Willen in der Natur (S. 75 der zweiten Auflage) dargethan, daraus dass, damit wir sowohl unsern eigenen, als die anderen Körper objectiv in räumlicher Anschauung wahrnehmen, die Erkenntniss der Causalität, weil sie Bedingung solcher Anschauung ist, bereits dasein muss.« SCHOPENHAUER. Die Welt als Wille und Vorstellung. 3. Auflage. Bd. II p. 41.

siologischen Optik an und lauten mit Wiederholung des letzten Satzes jener Stelle folgendermassen:

(453 bis 455) »Wir können überhaupt zu keiner Erfahrung von Naturobjecten kommen, ohne das Gesetz der Causalität schon in uns wirkend zu haben, es kann also auch nicht erst aus den Erfahrungen, die wir an Naturobjecten gemacht haben, abgeleitet sein.

Das letztere ist vielfältig behauptet worden; das Causalitätsgesetz sollte ein durch Induction gewonnenes Naturgesetz sein. Auch Stuart Mill hat es in neuerer Zeit noch wieder so aufgefasst, und sogar die Möglichkeit besprochen, dass es vielleicht in andern Fixsternsystemen nicht gültig sein könnte. Dem gegenüber will ich hier nur zu bedenken geben, dass es mit dem empirischen Beweise des Gesetzes vom zureichenden Grunde äusserst misslich aussieht. Denn die Zahl der Fälle, wo wir den causalen Zusammenhang von Naturprocessen vollständig glauben nachweisen zu können, ist verhältnissmässig gering gegen die Zahl derjenigen, wo wir dazu noch durchaus nicht im Stande sind. Jene ersteren gehören fast ausschliesslich der unorganischen Natur an, zu den unverstandenen Fällen gehört die Mehrzahl der Erscheinungen in der organischen Natur. Ja in den Thieren und im Menschen nehmen wir nach den Aussagen unseres eigenen Bewusstseins sogar mit Bestimmtheit ein Princip des freien Willens an, für welches wir ganz entschieden Unabhängigkeit von der Strenge des Causalitätsgesetzes in Anspruch nehmen, und trotz aller theoretischen Speculationen über die möglichen Irrthümer bei dieser Ueberzeugung, wird sie unser natürliches Bewusstsein, glaube ich, kaum jemals los werden. Also gerade den uns am besten und genauesten bekannten Fall des Handelns betrachten wir als eine Ausnahme von jenem Gesetze. Wäre also das Causalitätsgesetz ein Erfahrungsgesetz, so sähe es mit seinem inductiven Beweise sehr misslich aus. Den Grad seiner Gültigkeit würden wir höchstens mit demjenigen der meteorologischen Regeln, dem Drehungsgesetz des Windes u. a. m. vergleichen können. Wir würden den vitalistischen Physiologen durchaus nicht mit Entschiedenheit widersprechen dürfen, wenn sie das Causalitätsgesetz für gut in der unorganischen Natur erklären, für die

organische aber ihm nur Wirksamkeit in einer niederen Sphäre zuschreiben.

Endlich trägt das Causalitätsgesetz den Character eines rein logischen Gesetzes auch wesentlich darin an sich, dass die aus ihm gezogenen Folgerungen nicht die wirkliche Erfahrung betreffen, sondern deren Verständniss, und dass es deshalb durch keine mögliche Erfahrung je widerlegt werden kann.[1] Denn wenn wir irgend wo in der Anwendung des Causalitätsgesetzes scheitern, so schliessen wir daraus nicht, dass es falsch sei, sondern nur, dass wir den Complex der bei der betreffenden Erscheinung mitwirkenden Ursachen noch nicht vollständig kennen. Und wenn wir endlich mit dem Verständniss gewisser Naturprocesse nach dem Causalitätsgesetze fertig geworden sind, so sind die Folgerungen aus demselben: dass gewisse materielle Massen im Raume existiren und sich bewegen, und mit gewissen Bewegungskräften auf einander wirken. Aber sowohl der Begriff der Materie, wie der der Kraft sind ganz abstracter Art, wie sich schon aus ihren Attributen leicht ergiebt. Materie ohne Kraft soll nur im Raume dasein, aber nicht wirken, also auch keine Eigenschaften haben. Sie würde also ganz gleichgültig sein für alle anderen Vorgänge in der Welt, sowie für unsere Wahrnehmungen, sie würde so gut wie nicht existirend sein. Kraft ohne Materie nun gar, soll wirken, aber nicht unabhängig dasein können, denn das Daseiende ist alles Materie. Beide Begriffe können also nie von einander getrennt werden, sie sind nur abstracte Betrachtungsweisen derselben Naturobjecte nach verschiedenen Beziehungen. Eben deshalb können aber weder Materien noch Kräfte directer Gegenstand der Beobachtung sein, sondern immer nur die erschlossenen Ursachen der Erfahrungsthatsachen. Wenn wir also schliesslich als letzte und zureichende Gründe der Naturerscheinungen Abstracta hinstellen, welche nie Gegenstand der Erfahrung sein können, wie können wir sagen, dass die Erscheinungen zureichende Gründe haben, sei durch die Erfahrung bewiesen?

Das Gesetz vom zureichenden Grunde ist vielmehr nichts anderes als die Forderung, alles begreifen zu wollen. Das Verfah-

1) Helmholtz. Ueber das Sehen des Menschen; ein populär wissenschaftlicher Vortrag; Leipzig, 1855.

ren unseres Begreifens den Naturerscheinungen gegenüber ist, dass wir Gattungsbegriffe und Naturgesetze zu finden suchen. Naturgesetze sind nichts als Gattungsbegriffe für die Veränderungen in der Natur. Indem wir aber die Naturgesetze als gültig und wirksam betrachten müssen, unabhängig von unserem Beobachten und Denken, während sie als Gattungsbegriffe zunächst nur die Ordnung unseres Denkens betreffen würden, nennen wir sie Ursachen und Kräfte. Wenn wir also Naturerscheinungen nicht auf ein Gesetz zurückführen können, also auch das Gesetz nicht objectiv gültig als Ursache der Erscheinungen hinstellen können, so hört eben die Möglichkeit auf, solche Erscheinungen zu begreifen.

Wir müssen aber versuchen, sie zu begreifen, wir haben keine andere Methode, sie der Herrschaft unseres Verstandes zu unterwerfen; wir müssen also an ihre Untersuchung gehen mit der Voraussetzung, dass sie zu begreifen sein werden. Somit ist das Gesetz vom zureichenden Grunde eigentlich nichts anderes als der Trieb unseres Verstandes, alle unsere Wahrnehmungen seiner eigenen Herrschaft zu unterwerfen, nicht ein Naturgesetz.«

Die Verdienste SCHOPENHAUER's um die physiologische Optik sind in neuester Zeit durch die Arbeit eines Physiologen von Fach, nämlich durch die Abhandlung von Prof. JOH. CZERMAK »Ueber SCHOPENHAUER's Theorie der Farbe«[1]) auch den Specialisten in eindringlicher und überzeugender Weise dargestellt worden.

Wenn ich hier dieser so verdienstvollen Arbeit einige Worte widme, so geschieht dies nur deshalb, um einigen darin aufgestellten allgemeinen Sätzen zu widersprechen, deren willkürliche und unvorsichtige Interpretation von Andern sehr leicht zu bedenklichen Consequenzen, sowohl für den Fortschritt der Wissenschaft als auch für die Erhaltung unseres Gefühles für historische Gerechtigkeit benutzt werden könnte.

Nachdem sich CZERMAK bemüht hat, »die SCHOPENHAUER ignorirenden Naturforscher« gegen den Verdacht sicher zu stellen, sie »seien von persönlichen Motiven geleitet, welche wissenschaft-

1) Sitzungsberichte der K. K. Acad. d. W. zu Wien. Bd. LXII. Juli-Heft. Jahrgang 1870.

lichen Characteren fern liegen müssten«, und SCHOPENHAUER auch auf dem Gebiete der physiologischen Optik jene Anerkennung zu Theil werden lässt, »welche ihm auf anderen Gebieten endlich — wenn auch zu spät — geworden ist und welche er in der That auch hier, trotz alledem und alledem wirklich verdient«, fährt er folgendermassen fort:

»Doch möchte ich, um Missverständnissen vorzubeugen, sogleich die Bemerkung hinzufügen, dass alle diese späte Anerkennung dessen, was SCHOPENHAUER Grosses und Wahres speciell in Bezug auf die sinnliche Erkenntniss-Theorie, sowie auf die physiologische Theorie der Farbe producirte und in seinen Werken, bereits vor mehr als einem Menschenalter drucken liess, etwas Missliches hat.

Man wünscht und erreicht zwar damit der Persönlichkeit dieses gewaltigsten Denkers seit KANT allseitig gerecht zu werden, allein diese späte Gerechtigkeit gegen seine Person, würde sofort zur historischen Ungerechtigkeit gegen den wirklichen Entwickelungsgang der empirischen Wissenschaft, wenn man die moderne Physiologie der Sinne deshalb eines Plagiats an SCHOPENHAUER verdächtigen und beschuldigen wollte, weil ihre Theorie des gegenständlichen Sehens und der Farbe mit den Anschauungen jenes isolirten Weltweisen wunderbar übereinstimmt.«

Ich möchte mir hier zuerst die Frage erlauben, ob es denn wirklich so etwas ganz Unbedeutendes und Gleichgültiges sei, wenn man sich bemüht »der Persönlichkeit eines gewaltigen Denkers« allseitig gerecht zu werden.

Zweitens ist es mir vollkommen unverständlich, wie es irgend Jemandem einfallen sollte, »die moderne Physiologie eines Plagiates an SCHOPENHAUER« deshalb verdächtigen und beschuldigen zu wollen, »weil ihre Theorie mit den Anschauungen jenes isolirten Weltweisen wunderbar übereinstimmt.«

Unter einem Plagiat kann man doch nur die bewusste Ignorirung fremder Arbeiten behufs der unrechtmässigen Erwerbung von Prioritätsansprüchen verstehen.

Will man etwa LAPLACE des Plagiates an KANT deshalb beschuldigen, weil er unabhängig von Letzterem eine Hypothese über die Entstehung unseres Planetensystems aufgestellt hat, die von KANT

über 40 Jahre früher genau in derselben Weise nur viel vollständiger entwickelt und publicirt worden ist?[1]) Dass aber SCHOPENHAUER subjectiv zu einer solchen Annahme sich berechtigt halten musste,

1) In meinen »photometrischen Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper«. Leipzig 1865. p. 216 bis p. 231 habe ich in ähnlicher Weise, wie oben, die betreffenden Stellen aus KANT's »Naturgeschichte und Theorie des Himmels« (1775) und LAPLACE's »Exposition du système du monde« (1799) wörtlich citirt und zusammengestellt. Es ergab sich hierbei, dass die Deductionen KANT's, genau auf denselben mathematisch-mechanischen Principien fussend, nicht nur viel gründlicher und allgemeiner als LAPLACE die fraglichen Probleme behandelten, sondern dass KANT auch specielle und ganz bestimmte Thatsachen mathematisch deducirt, deren Richtigkeit direct durch Beobachtungen geprüft werden konnte.

So berechnet KANT z. B. mit Berücksichtigung der bekannten Bewegungsverhältnisse eines Saturnmondes und unter Zugrundlegung der Hypothese, dass sich die Theilchen des Saturnringes wie kleine Satelliten bewegen, die Umlaufszeit des inneren Ringrandes zu ungefähr 10 Stunden. Er spricht dies Resultat a. a. O. p. 140 wörtlich folgendermassen aus: »Nun ist die Zeit, darin, nach dieser Hypothese, die Theilchen des inwendigen Randes ihren Lauf verrichten, ungefähr wie 10 Stunden.« . . .

35 Jahre später findet W. HERSCHEL durch Beobachtungen dieselbe Rotationszeit des Ringes und theilt seine Beobachtungsreihen der Royal Society in London im Juni des Jahres 1790 mit. Inzwischen war LAPLACE schon 3 Jahre vorher, also 32 Jahre nach dem von KANT veröffentlichten Resultate, durch genau dieselben Rechnungen wie letzterer, zu derselben Rotationsgeschwindigkeit gelangt. Ein wie grosses Gewicht aber LAPLACE darauf legt, diese Grösse, bevor sie noch das Auge eines Sterblichen hatte entdecken können, durch die Theorie gefunden zu haben, mag aus seinen Worten erhellen, welche sich im 5., erst 1825 erschienenen Bande der »Mecanique céleste«, Cap. 3. Liv. XIV. befinden. Bei Gelegenheit einer kurzen historischen Uebersicht über die Entdeckung des Saturnringes und seiner Rotation wird p. 288 a. a. O., Bezug nehmend auf W. HERSCHEL, folgendes bemerkt:

»*Dans le mois de juin de 1790, il présenta à la Société royale de Londres une série d'observations, d'où il conclut la durée de la rotation de l'anneau intérieur de Saturne, d'environ dix heures et demi sexagésimales.*«

Auf der folgenden Seite (p. 289), weiter unten, spricht LAPLACE von seinem »*Mémoire inséré dans le volume des Mémoires de l'Academie des Sciences de 1787, qui parut au mois de février 1789*«, in welchem die Bedingungen für die Stabilität des Saturnsringes untersucht werden. Auf diese Abhandlung Bezug nehmend fährt er weiter fort und sagt:

»La durée de la rotation doit être alors la même que celle de la révolution d'un satellite dont la distance au centre de Saturne serait celle du centre de

wenn er es zu wiederholten Malen erlebte, dass längst von ihm bewiesene und durch den Druck veröffentlichte fundamentale Wahrheiten fast ein Menschenalter später von Andern als neue Entdeckungen hingestellt wurden, — wer wollte, sage ich, die subjective Berechtigung zu einer solchen Ueberzeugung für jenen »isolirten Weltweisen« in Abrede stellen?

Czermak fährt alsdann in seiner Apologie der modernen physiologischen Optiker folgendermassen fort:

»Diese Uebereinstimmung kann höchstens für die Wahrheit und Richtigkeit der gewonnenen Anschauungen sprechen, insofern diese eben auf zwei ganz verschiedenen und von einander unabhängigen, ja entgegengesetzten Wegen gewonnen wurden. Denn, um es ausdrücklich zu sagen, die mühsame empirische Forschung hat der philosophischen Speculation nichts entlehnt, sie hat vielmehr selbständig zur Entwickelung jener Gedanken gedrängt und geführt, welche, ganz im Sinne Kant's, von Schopenhauer allerdings in prägnantester Weise und schon längst ausgesprochen waren.«

Wenn »zwei ganz verschiedene und von einander unabhängige, ja entgegengesetzte Wege« zu gleichen Resultaten führen, und diese Uebereinstimmung als ein »Beweis für die Wahrheit und Richtigkeit« des erlangten Resultates betrachtet werden soll, so darf diese Uebereinstimmung doch nicht als eine zufällige betrachtet, sondern muss nothwendig aus der Zulässigkeit und Brauchbarkeit beider Wege gefolgert werden.

Sollte nun aber wirklich ein Weg, welcher über ein Menschenalter früher zu fundamentalen Wahrheiten führt, um so viel schlechter als der einer »mühsamen empirischen Forschung« sein, dass diese es nicht einmal der Mühe für werth hält, sich von der Natur und Beschaffenheit jenes Weges etwas genauer zu unterrichten? Sie würde dann die überraschende Entdeckung machen, dass sogar auch die Wege wunderbar übereinstimmen und von philosophischer Speculation nirgends die Rede ist!

---

la figure génératrice au même point: j'en avais conclu que cette durée était d'environ 5/12 de jour, avant qu' Herschel l'eût reconnue par l'observation.«

Czermak beschliesst die apologetischen Bemerkungen mit folgenden Worten:

»Aber, wenn auch Schopenhauer's Schriften niemals publicirt und bekannt geworden wären, die Physiologie der Sinne stände heute genau auf demselben Standpunct, auf welchem sie wirklich steht! Diesen verdankt sie weder Schopenhauer, noch der Philosophie überhaupt, sondern einzig und allein sich selbst, d. h. der exacten empirischen Erforschung der Natur.«

Dieser Satz ist so selbstverständlich, dass ich eigentlich nicht verstehe, was derselbe an dieser Stelle bedeuten soll. In der That, für diejenigen, welche gewisse Schriften, sei es aus Princip oder Antipathie gegen den Autor, nicht lesen, ist es offenbar vollkommen gleichgültig ob letzterer überhaupt jemals existirt oder irgend etwas publicirt hat.

Um nun aber noch zum Schlusse dieser Betrachtungen einen neuen Beleg aus der allerjüngsten Zeit dafür zu liefern, wie Schopenhauer auf dem von ihm betretenen Wege vor mehr als 50 Jahren zu Resultaten gelangt ist, welche gegenwärtig von bedeutenden und geistvollen Naturforschern als neue Originalgedanken im Zusammenhange und als Resultate ihrer Betrachtungen hingestellt werden, mögen hier die Worte eines englischen Gelehrten angeführt und mit entsprechenden Worten von Schopenhauer zusammengestellt werden.

Wie bereits aus dem Obigen wird auch aus dem hier Folgenden deutlich hervorgehen, dass nicht nur die Resultate, sondern auch die Wege der Induction genau übereinstimmen, so dass also auch der Zeitunterschied im Auffinden jener Wahrheiten nicht sowohl aus einer Verschiedenheit der angewandten Methoden als vielmehr aus einem sehr bedeutenden Unterschiede der Verstandeskräfte erklärt werden muss.

Alfred Russel Wallace stellt am Schlusse seiner »*Contributions to the theory of natural Selection*« London 1870, folgende Reflexionen über das Wesen der Naturkräfte an, welche ich hier in deutscher Sprache nach der Uebersetzung von Meyer wiedergebe, begleitet von characteristischen Stellen aus Schopenhauer's Schriften.

SCHOPENHAUER.

» . . . Ihr glaubt eine todte, d. h. vollkommen passive und eigenschaftslose Materie zu erkennen, weil ihr alles Das wirklich zu verstehen wähnt, was ihr auf mechanische Wirkung zurückzuführen vermögt.«

»Sobald wir aber, selbst in der Mechanik, weiter gehen, als das rein Mathematische, sobald wir zur Undurchdringlichkeit, zur Schwere, zur Starrheit, oder Fluidität, oder Gaseität, kommen, stehen wir schon bei Aeusserungen, die uns ebenso geheimnissvoll sind, wie das Denken und Wollen des Menschen, also beim direct Unergründlichen: denn ein solches ist jede Naturkraft. Wo bleibt nun also jene Materie, die ihr so intim kennt und versteht, dass ihr Alles aus ihr erklären, Alles auf sie zurückführen wollt?« — (Parerga II. p. 111. 112.)

»Bisher subsumirte man den Begriff *Wille* unter den Begriff *Kraft:* dagegen mache ich es gerade umgekehrt, und will *jede Kraft in der Natur* als *Wille* gedacht wissen. Man glaube ja nicht, dass dies Wortstreit, oder gleichgültig sei: vielmehr ist es von der allerhöchsten Bedeutsamkeit und Wichtigkeit. Denn dem Begriffe Kraft liegt, wie allen andern, zuletzt die anschauliche Erkenntniss der objectiven Welt, d. h. die Erscheinung, die Vorstellung, zum Grunde und daraus ist er geschöpft. Er ist aus dem Gebiet abstrahirt, wo Ursach und Wirkung herrscht, also aus der anschaulichen Vorstellung, und bedeutet eben das Ursachseyn der Ursache, auf dem Puncte, wo es ätiologisch durchaus nicht weiter erklärlich, sondern eben die nothwendige Voraussetzung aller ätiologischen Erklärung ist. Hingegen der Begriff Wille ist der einzige unter allen möglichen, welcher seinen Ursprung nicht in der Erscheinung, nicht in blosser anschaulicher Vorstellung hat,

WALLACE.

(p. 420. 422.) »*Materie ist Kraft.* — Die vorhergehenden Betrachtungen leiten uns zu dem sehr wichtigen Schlusse, dass Materie im Wesentlichen Kraft ist und Nichts als Kraft; dass Materie im populären Sinne nicht existirt und in der That philosophisch unfassbar ist. Wenn wir Materie berühren, so erfahren wir in der That nur Empfindungen von Widerstand, was Repulsivkraft involvirt, und kein anderer Sinn kann uns so anscheinend solide Beweise der Realität der Materie geben, als der Tastsinn es thut. Wenn man sich diesen Schluss beständig gegenwärtig hält, so wird man ihn als einen höchst wichtigen anerkennen, als einen der eine Tragweite hat, auf fast jedes tiefwissenschaftliche und philosophische Problem, und besonders auf diejenigen Probleme, welche zu unserer eigenen bewussten Existenz in Beziehung stehen.

Alle Kraft ist wahrscheinlich Willenskraft. — Wenn wir davon überzeugt sind, dass Alles, was in der materiellen Welt existirt, Kraft oder Kräfte sind, so werden wir zunächst dahin geführt zu untersuchen, was ist Kraft? Wir sind bekannt mit zwei radical verschiedenen oder anscheinend verschiedenen Arten von Kraft — die erste besteht aus den primären Kräften der Natur, wie Gravität, Cohäsion, Repulsion, Wärme, Electricität etc.; die zweite ist unsere eigene Willenskraft.«

(421.) »Es kann gleich zugegeben werden, dass die Muskelkraft der Thiere und des Menschen lediglich die transformirte Energie ist, welche von den primären Kräften der Natur herrührt. Das ist, wenn auch nicht streng bewiesen, so doch in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, und steht in vollkommener Uebereinstimmung mit unserer ganzen Kenntniss der natürlichen Kräfte und natürlichen Gesetze.«

sondern aus dem Innern kommt, aus dem unmittelbarsten Bewusstsein eines Jeden hervorgeht, in welchem dieser sein eigenes Individuum, seinem Wesen nach, unmittelbar, ohne alle Form, selbst ohne die von Subject und Object, erkennt und zugleich selbst ist, da hier das Erkennende und das Erkannte zusammenfallen. Führen wir daher den Begriff der Kraft auf den des Willens zurück, so haben wir in der That ein Unbekannteres auf ein unendlich Bekannteres, ja, auf das einzige uns wirklich unmittelbar und ganz und gar Bekannte zurückgeführt und unsere Erkenntniss um ein sehr grosses erweitert.«

»Man hatte aber bis jetzt die Identität des Wesens jeder irgend strebenden und wirkenden Kraft in der Natur mit dem Willen nicht erkannt, und daher die mannigfaltigen Erscheinungen, welche nur verschiedene Species desselben Genus sind, nicht dafür angesehen, sondern als heterogen betrachtet: deswegen konnte auch kein Wort zur Bezeichnung des Begriffes dieses Genus vorhanden seyn. Ich benenne daher das Genus nach der vorzüglichsten Species, deren uns näher liegende, unmittelbare Erkenntniss zur mittelbaren Erkenntniss aller andern führt. Daher würde in einem immerwährenden Missverständniss befangen bleiben, wer nicht fähig wäre, die hier geforderte Erweiterung des Begriffes zu vollziehen, sondern bei dem Worte Wille immer nur noch die bisher allein damit bezeichnete eine Species, den vom Erkennen geleiteten und ausschliesslich nach Motiven, ja wohl gar nur nach abstracten Motiven, also unter Leitung der Vernunft sich äussernden Willen verstehen wollte, welcher, wie gesagt, nur die deutlichste Erscheinung des Willens ist.«

422. 423.) »Wie zart eine Maschine auch construirt werden kann, mit den vortrefflichst ausgedachten Vorrichtungen, um ein Gewicht oder eine Feder durch die Anwendung des kleinstmöglichen Betrages an Kraft auszulösen, so muss doch Etwas äussere Kraft stets angewandt werden; ebenso: wie gering auch in der thierischen Maschine die Veränderungen sein mögen, welche in den Zellen oder Fasern des Gehirnes erforderlich sind, um die Nervenströme in Bewegung zu setzen, welche die aufgespeicherten Kräfte gewisser Muskeln auslösen oder erregen, so muss doch immer, um diese Veränderung zu bewirken, irgend eine Kraft angewandt werden. Wenn man sagt, »jene Veränderungen sind automatische und werden durch äussere Ursachen in Bewegung gesetzt,« dann ist ein wesentlicher Theil unseres Bewusstseins, ein gewisser Betrag an Willensfreiheit annullirt; und es ist undenkbar, wie oder weshalb irgend ein Bewusstsein oder irgend ein scheinbarer Wille entstanden sein sollte in so rein automatischen Organismen. Wenn dem so wäre, so wäre unser anscheinender Wille eine Täuschung und Professor HUXLEY's Glaube — »dass unser Wollen für gerade soviel als eine Bedingung in dem Laufe der Ereignisse zählt,« wäre trügerisch, da unser Wollen dann nur ein Glied in der Kette der Ereignisse wäre, welches weder für mehr noch für weniger als irgend ein anderes Glied zählte.

Wenn wir daher eine Kraft, wie klein sie auch immer sein mag, bis zu einem Ursprunge in unserem eigenen Willen verfolgt haben, während wir keine Kenntniss irgend einer anderen primären Ursache der Kraft haben, so scheint es kein unbeweissbarer Schluss zu sein, dass alle Kraft Willenskraft sein mag; und dass das ganze Universum

SCHOPENHAUER.

»Auf die entgegengesetzte Weise würde mich aber der missverstehen, der etwa meinte, es sei zuletzt einerlei, ob man jenes Wesen an sich aller Erscheinung durch das Wort Wille, oder durch irgend ein anderes bezeichnete. Dies würde der Fall seyn, wenn jenes Ding an sich etwas wäre, auf dessen Existenz wir blos schlössen und es so allein mittelbar und blos in abstracto erkennten: dann könnte man es allerdings nennen wie man wollte: der Name stände als blosses Zeichen einer unbekannten Grösse da.« (Welt als Wille und Vorstellung I. p. 132. 133.)

WALLACE.

nicht nur abhängig von dem Willen höherer Intelligenzen oder einer höchsten Intelligenz, sondern thatsächlich eben dieser Wille ist.«

(424.) »Man meint oft, dass solche Speculationen jenseit der Grenze der Wissenschaft liegen; aber sie scheinen mir legitimere Schlüsse aus wissenschaftlichen Thatsachen zu sein, als jene, welche darin bestehen, dass man das ganze Universum nicht allein auf die Materie reducirt, sondern auf Materie, welche so erdacht und definirt wird, dass sie philosophisch unfassbar ist.«

Wenn man nun erwägt, dass diese Gedanken bei SCHOPENHAUER nicht etwa nur gelegentlich hingeworfene, sondern ebenso wie die oben angeführten über die unbewussten Verstandesoperationen nur geringfügige Fragmente eines umfangreichen, tief durchdachten Gedankensystems sind, dessen Wahrheit er nicht müde wurde an den mannigfachsten Erscheinungen der Natur und des Menschenlebens zu prüfen, — darf man es einem solchen Manne verargen, wenn er durch die Gleichgültigkeit seiner Zeitgenossen verbittert wurde und überall dort ein Ingnoriren aus Absicht voraussetzte, wo dasselbe nur durch Unfähigkeit zum Verständnisse jener Wahrheiten herbeigeführt wurde? Will man es ihm übel nehmen, wenn er sich unter solchen Umständen prophetisch mit den Worten SENECA's (Ep. 79) zu trösten sucht:

Etiamsi omnibus tecum viventibus silentium livor indixerit; venient qui sine offensa, sine gratia judicent. —

Die Wahrheit bleibt immer dieselbe, mag sie von den Lippen eines einsamen und verbitterten Weltweisen oder funfzig Jahre später aus dem Munde von Männern kommen, denen eine dankbare Mitwelt den Lorbeer um die Stirne flechten kann.

Nach dieser Abschweifung kehre ich zur Anwendung der Theorie

der unbewussten Schlüsse im Gebiete des Handelns zurück, um den Versuch zu machen, aus der hypothetisch vorausgesetzten Analogie zwischen der **unbewusst intellectuellen Reaction** auf **Reize** im Gebiete der Sinneswahrnehmungen und der **unbewusst intellectuellen Reaction** auf **Eindrücke** im Gebiete der an vernunftbegabten Naturwesen **wahrgenommenen Handlungen** weitere Folgerungen abzuleiten.

Beide Eigenschaften sind dem Bedürfnisse zur Orientirung und eines zweckmässigen Verhaltens gegenüber den Veränderungen in der Aussenwelt entsprungen und haben sich, parallel mit der Complication der Bedürfnisse des Organismus, durch natürliche Züchtung im Laufe unzähliger Generationen entwickelt.

Durch unbewusste Schlüsse anticipiren wir bei der Wahrnehmung einer Naturerscheinung im engern Sinne aus einem gegenwärtig stattfindenden Zustande die in der Folge eintretenden Veränderungen, und je nachdem dieselben gefahr- oder nutzbringend, sei es in irgend welchem Sinne, für uns sind, reagiren wir durch eine Empfindung der Unlust oder Lust. Diese Empfindungen werden Motive des Willens für unser Verhalten jenen Erscheinungen gegenüber und beeinflussen auf diese Weise dergestalt die Veränderungen unseres eigenen Körpers, dass derselbe stets in eine seinen Bedürfnissen möglichst entsprechende Beziehung den Naturerscheinungen gegenüber versetzt wird.

Auf diesen so formulirten Process lassen sich, wie ich glaube, alle Einwirkungen der leblosen Aussenwelt auf unsern Körper zurückführen, gleichgültig, ob dieselben nur durch eine ganz kurze Schlussreihe, wie bei den widrigen oder wohlthuenden Empfindungen durch Wärme-, Licht- oder Schallerregungen als solchen, oder durch längere Schlussreihen in uns erzeugt werden, wie z. B. beim Anblick eines über unserm Haupte herabhängenden und nach unserer Meinung mangelhaft unterstützten Felsblockes. Das Unlustgefühl der Beängstigung, welches in diesem Falle unmittelbar und instinctiv in uns erzeugt wird, ist nichts anderes als das Resultat eines unbewussten Verstandesprocesses, vermöge dessen wir mit Anwendung des Causalitätsgesetzes durch Analogieschlüsse aus gegebenen Prämissen, nämlich aus den durch die sinnliche Wahrnehmung

vom Verstande erkannten Stabilitätsbedingungen, die Conclusion einer verderblichen Wirkung für unseren Körper anticipiren.

In allen derartigen Fällen, mögen sie die Erregung von Lust- oder Unlustempfindungen betreffen, ist unser Verhalten den Ursachen und Veränderungen in der Aussenwelt gegenüber ein einseitiges, d. h. wir abstrahiren bei unseren unbewussten Verstandesoperationen gänzlich von einer möglichen Rückwirkung unseres eigenen Verhaltens auf das spätere Verhalten der Naturprocesse unter ähnlichen Umständen. Ganz anders gestaltet sich dagegen dieses Verhältniss im Gebiete der Handlungen. Hier entspringen zwar auch zunächst die Motive unseres eigenen Verhaltens einer wahrgenommenen Handlung gegenüber aus einer intellectuellen Anticipation der Wirkungen jener Handlung auf uns selbst; da wir jedoch durch tausendfältige Erfahrungen wissen, dass die Beschaffenheit der Handlungen Anderer nicht nur von äusserlichen, unserem Willen direct unzugänglichen Bedingungen, wie bei den Naturerscheinungen, abhängt, sondern gleichzeitig auch von der Beschaffenheit unserer eigenen Handlungen den fremden gegenüber, so stehen die Motive unseres Verhaltens im Gebiete der Handlungen unter einem doppelten Einflusse, welcher ganz in derselben Weise durch unbewusste Verstandesoperationen vermittelt wird, wie der einfache Einfluss im Gebiete der Naturerscheinungen.

Aus diesem fundamentalen Unterschiede bezüglich unseres Verhaltens den Erscheinungen der unbewussten und bewussten Naturprocesse gegenüber, ergiebt sich nun sofort das fundamentale Gesetz der Moral, nach welchem die unseren Handlungen zu Grunde liegenden Motive so beschaffen sein sollen, dass sie auch für alle übrigen handelnden Wesen vorausgesetzt werden dürfen. Man erkennt in diesem Gesetze dieselbe Tendenz zur Regelung der Bewegungen vernünftiger Wesen, wie in demjenigen, welches oben, unter der Annahme von gesetzmässig mit materiellen Veränderungen verknüpften Empfindungsprocessen, für die Bewegungen der elementaren Bestandtheile eines Gases abgeleitet wurde. Ebenso wie hier diese Bewegungen unter den gemachten Voraussetzungen dahin tendirten, in einem gegebenen Raume das Minimum von Zusammenstössen, und dadurch das Minimum von Unlust zu erzeugen, ebenso ist das fundamentale Gesetz für unser sittliches Verhalten nichts Anderes,

als der Ausdruck des Bestrebens, bei dem für die Erreichung höherer Zwecke nothwendigen Zusammenleben mit Anderen, das möglich geringste Mass von Unlust für jeden Einzelnen zu erzeugen.

Während im ersten Falle das Gesetz für die Ortsveränderungen der materiellen Elemente ein für unsere gegenwärtige Verstandesentwickelung noch mathematisch zu formulirendes ist, entwickelt sich im zweiten Falle, durch die für den menschlichen Verstand unerfassbare Complication der räumlich und zeitlich ausgedehnten Beziehungen, subjectiv das natürliche und unzerstörbare Gefühl einer bedingungslosen, individuellen Willkür oder Freiheit, objectiv das complicirte Gebäude der religiösen und staatlichen Gesetze. Während ersteres die nothwendige Bedingung zur Empfänglichkeit für Motive überhaupt enthält, suchen die letzteren, unter Voraussetzung jenes Gefühls der individuellen Freiheit, solche Motive aufzustellen, welche auf Grund einer vieltausendjährigen Erfahrung die menschlichen Handlungen dem obigen Zwecke gemäss am entsprechendsten beeinflussen. Es ist klar, dass derartige Motive nur in Form von Geboten auftreten können, die gleichzeitig durch ihren Ursprung diejenige Autorität dem Handelnden gegenüber beanspruchen müssen, welche Reflexionen über individuelle Gleichberechtigung mit dem Gebietenden ausschliessen. Nur unter dieser Bedingung ist jenen Motiven ein practischer Erfolg gesichert. Gerade die Erfüllung eines Gebotes nur um des Gebietenden willen repräsentirt in reinster Form diejenige Seite unseres Verhaltens den handelnden Wesen gegenüber, welche dasselbe, wie oben erwähnt, in fundamentaler Weise von demjenigen unterscheidet, welches wir den handlungsunfähigen Naturkörpern gegenüber beobachten.

Alle höheren Zwecke, die sich im Laufe der Cultur für die Handlungen der Menschen entwickeln, sind offenbar nur dann erst möglich, wenn dem oben entwickelten Fundamentalgesetze des gegenseitigen Verhaltens bis zu einem gewissen Grade entsprochen ist. Fragt man aber, wie und durch welche Vorkehrungen in der Natur die Motive für dieses Verhalten und die Fähigkeit zur Empfänglichkeit dieser Motive im Menschengeschlechte erzeugt werden, so finden wir die hierauf bezüglichen Eigenschaften in allen Religionen wieder. In der That, wie verschieden auch der Inhalt ihrer Vorstellungen und Begriffe sein mag, in allen erkennen wir als characteristischen

Grundzug das Bestreben wieder, die menschlichen Handlungen durch Motive zu beeinflussen, welche nicht, wie bei den Naturerscheinungen, nur das eigene Verhalten, sondern auch das von der eigenen Handlungsweise später abhängige Verhalten eines Andern berücksichtigen müssen.

Demgemäss wird eine Religion ihrem Zwecke um so vollkommener entsprechen je mehr sie der Quantität und Qualität nach solche Motive des Handelns im Bewusstsein der Völker zu erzeugen vermag, durch welche der Einzelne jederzeit auch die von den eigenen abhängigen Handlungen Anderer zu berücksichtigen gezwungen ist.

Denn hierdurch wird jene psychische Reactionsfähigkeit im Gebiete der Handlungen in ähnlicher Weise ausgebildet wie die physiologische Reactionsfähigkeit der Sinne im Gebiete der Erscheinungen durch eine zweckentsprechende und gesunde Erziehung des Körpers.

Beide Fähigkeiten müssen in diesem Doppelgebiete natürlicher Veränderungen zum Zwecke der practischen Orientirung vernunftbegabter Wesen erst bis zu einem gewissen Grade entwickelt sein, ehe dieselben ihre vereinten Kräfte zur Erreichung höherer Zwecke im Gebiete des Handelns und Erkennens erfolgreich verwerthen und anwenden können.

Aus dieser Anschauung von dem Ursprunge und Zwecke der Religionen ergiebt sich nun gleichsam von selbst ein Massstab für ihren ethischen Werth. Dass die monotheistischen vollkommener als die polytheistischen Systeme dem obigen Zwecke entsprechen, indem sie vorzugsweise die Intensität der Beeinflussung menschlicher Handlungen durch Concentration aller denselben vorausgehenden Reflexionen auf einen einzigen Willen verstärken, dass ferner die christliche Ethik durch ihre vollkommene Wiederspiegelung der reich entwickelten natürlichen Pietätsempfindungen im Schosse der Familie besonders die Qualität jener Motive zu einem grösseren Reichthume als irgend eine andere Religion zu entfalten im Stande ist, — dies Alles ergiebt sich bei nur einigem Nachdenken sehr einfach aus den oben entwickelten Anschauungen.

Als ich im Laufe dieses Jahres im Dome zu Cöln beim Ce-

lebriren des Hochamtes und nach beendeter Ceremonie die Bewegungen und Handlungen der andächtig versammelten Menge vom Standpuncte meiner Theorie beobachtete, erschien mir das früher Unbegreifliche als nothwendig, und das sonst für absurd Gehaltene als eine empirische Bestätigung der entwickelten Principien. Es war mir, als schaute ich in den geöffneten Mechanismus eines bunt bewegten Treibens von Automaten, deren wunderbar zusammenstimmende Bewegungen meinem Verstande bisher ein Räthsel gewesen waren.

Als einen ferneren empirischen Beweis für den grösseren Reichthum der durch die christliche Ethik im Laufe der Jahrhunderte durch natürliche Züchtung entwickelten Reflexionsfähigkeit den Handlungen Anderer gegenüber, möchte ich den auffallenden Unterschied betrachten, welchen man im Betragen der Kinder jüdischer und christlicher Eltern beobachtet. Die grosse Unbefangenheit und Verständigkeit des Benehmens, die oft bewunderungswürdige Sicherheit des Auftretens Fremden gegenüber bei ersteren, dagegen das ängstlich zurückhaltende, meist bis zur Scham gesteigerte, blöde Verhalten der letzteren unter ähnlichen Verhältnissen verräth bei diesen ohne Zweifel die Existenz einer Fülle von bewussten oder unbewussten Reflexionen über die Beziehung ihrer eigenen Handlungen zu denen Anderer. Nur allzu oft müssen sie diesen Reichthum im späteren practischen Leben schmerzlich empfinden und der Zähigkeit und Unversehrbarkeit eines weniger feinfühlenden Wesens das Feld räumen.

Aber es ist klar, dass gerade in Zeiten, wo die allgemeinere Theilnahme am politischen und industriellen Leben Action und Reaction im Gebiete des Handelns zu grösserer Intensität steigert, auch eine grössere Abhärtung und eine Verminderung der Reizbarkeit jenes sechsten Sinnes, mit welchem der Mensch zweckmässig auf Handlungen reagirt, für die möglichst schmerzlose Erreichung individueller Zwecke nur vortheilhaft sein kann. Denn um einen Pfennig aus der Hölle zu holen ist die Haut der Pachydermen zweckmässiger als das zarte Epithelium der Menschen.

Aehnlich wie sich in der Sprache die Resultate vieltausendjähriger Gedankenprocesse unbewusst in Form von Worten absetzen, so speichern sich in den Religionen die Resultate vieltausendjähriger

Erfahrungen im Gebiete des menschlichen Handelns auf. Der erste Process entspringt dem Bedürfnisse, sich auf Grund der Sinnesreize in der Aussenwelt zu orientiren, der zweite dem Bedürfnisse, sich den Handlungen Anderer gegenüber zweckmässig zu benehmen. Die Sprache aber ist das Band, welches die so gesammelten Erfahrungen von einer Generation zur andern überträgt und hierdurch den Fortschritt des Menschengeschlechts ermöglicht.

Die Sprache perpetuirt in Form von Worten die tausendjährigen Arbeiten der Menschheit im Reiche des Erkennens, die Religion und der Staat in Form von Gesetzen die theuer und blutig erkauften Erfahrungen im Reiche des Wollens.[1]

Ebenso wie im Gebiete der Sinneswahrnehmungen von der Schärfe der Sinne und dem Reichthum ihrer Qualitäten die Vollkommenheit unserer Erkenntniss der Aussenwelt abhängt, ebenso ist die Zweck-

---

1) Es sei mir gestattet hier einige Stellen aus der Vorrede zum ersten Bande der geistvollen »ESSAYS von MAX MÜLLER«, »Beiträge zur vergleichenden Religionswissenschaft« (Leipzig 1869 p. VIII u. XII) anzuführen, wo ebenfalls die oben angedeutete Analogie zwischen der Entwickelung der Sprache und der Religion hervorgehoben wird.

»Das Wachsthum der Sprache ist stetig, und indem unsere Forschung stetig von Schicht zu Schicht von der Oberfläche der lebenden Sprachen bis in die tiefste erreichbare Tiefe vorgedrungen, hat sie an manchen Puncten die Urbestandtheile, ja die Wurzeln menschlicher Sprache, und mit ihnen die Urbestandtheile und Wurzeln menschlichen Denkens erreicht. . . . . Mensch bedeutet ursprünglich Denker, und die erste Bethätigung des Gedankens ist das Wort.«

»Noch wunderbarer als die Stetigkeit im Wachsthum der Sprache, ist die Stetigkeit im Wachsthum der Religion. Auch von der Religion gilt, was von der Sprache gesagt ist, dass alles Neue in ihr alt, und alles Alte neu ist, so dass es seit Anfang der Geschichte nie eine durchaus neue Religion gegeben hat. Soweit wir die Geschichte zurückverfolgen können, finden wir die Urbestandtheile und Wurzeln aller Religion gegeben; und die Geschichte der Religion, wie die Geschichte der Sprache, zeigt uns überall nur neue Verbindungen und Mischungen derselben ursprünglichen Elemente.«

»Religion scheint das Gemeingut der grossen Menge zu sein, aber sie wechselt nicht nur in zahlreichen Secten. wie eine Sprache in ihren Dialecten, sondern sie entzieht sich dem festen Griff des Forschers, bis wir sie in ihre letzten Schlupfwinkel verfolgen, d. h. bis in das Herz eines Menschen, der wirklich glaubt. Man spricht sehr glatt von Buddhismus, Brahmanismus etc., als ob Jeder wüsste, was man darunter zu verstehen hat, während doch in der That diese Worte die ungeheuerste Verallgemeinerung anstreben für die innersten Ueberzeugungen von Millionen von Individuen, welche seit Jahrhunderten, ja Jahrtausenden, im Norden und Süden der Erde gelebt, gedacht und gehofft haben.«

mässigkeit unseres Verhaltens gegenüber dem handelnden Theile der Naturwesen durch eine starke und reich entwickelte Empfänglichkeit für die aus dem moralischen Fundamentalgesetze fliessenden Motive bedingt.

Wir beobachten nun aber bei andauernder Benutzung der Sinnesorgane und der durch sie vermittelten Verstandesthätigkeit eine Abnutzung und Abstumpfung dieser Fähigkeiten. Nur durch den Schlaf können sie sich in periodischen Intervallen regeneriren und so den Bedürfnissen des Individuums auf längere Zeit erhalten bleiben. Ganz analog dieser Abspannung sehen wir im rastlosen Strome des Handelns die Reactionsfähigkeit für moralische Motive allmälig sinken, woraus nothwendig mit der Zeit eine für die durchschnittliche Zweckmässigkeit der Handlungen verderbliche Rückwirkung entspringen muss. Während jedoch der erste Process vorzugsweise beim Individuum als ein naturgemässer deutlich in die Augen fällt, liefert die genauere Betrachtung des zweiten in der historischen Entwickelung des Menschengeschlechts den Schlüssel zur Erklärung mancher räthselhaften Phänomene.

Untersucht man z. B. die wesentlichen und characteristischen Erscheinungen, durch welche sich das Mittelalter von der neueren und neuesten Zeit unterscheidet, so entdeckt man ohne Mühe in den beiden herrschenden Mächten der Hierarchie und des Feudalismus die unbewusste Tendenz zu einer ungeheuren Ansammlung solcher Motive, welche die Menschen nöthigen, ihre eigenen Handlungen mit peinlicher Rücksicht auf das davon abhängige Verhalten Anderer zu bemessen. Es erstreckt sich diese Tendenz bis in die unbedeutendsten Erscheinungen des Lebens und verräth hierdurch ebenso jene Einheit des Zweckes, wie die Ornamentik der kleinsten Arabesken monumentaler Bauwerke die Einheit des gothischen Styles.

Wie absurd und barbarisch uns von unserem heutigen Standpuncte aus auch die Mittel und Wege erscheinen mögen, durch welche in den mannigfachsten Gestalten eine solche Beeinflussung der Handlungen versucht wurde, — wir haben hier einfach die Thatsache anzuerkennen, dass jene Mittel und Wege wirklich im Stande waren, jene Abhängigkeit des individuellen Willens von dem Willen Anderer hervorzurufen. Nach unserer Theorie ist aber gerade

die **Fähigkeit** oder **Möglichkeit** zu einer solchen Abhängigkeit die wesentliche Grundbedingung für ein zweckmässiges Handeln in Gemeinschaft mit Anderen bei Verfolgung gemeinsamer Ziele und Aufgaben. Durch welchen **Vorstellungsinhalt** jene **Fähigkeit** als solche zuerst im Menschen entwickelt wird, ist für den vorliegenden Zweck ebenso gleichgültig, wie der logische Inhalt und die Bedeutung unserer Sinneswahrnehmungen für die Entwickelung einer möglichst starken und mannigfaltigen Reactionsfähigkeit der betreffenden Nervenapparate.

Zuerst muss nothwendig die Receptionsfähigkeit selber für Einwirkungen der Aussenwelt entwickelt werden, ehe die hierdurch vermittelten Empfindungen vom Verstande eine Bedeutung erhalten und dadurch practisch für die Zwecke des Individuums nutzbar gemacht werden können.

Gesetzt nun, der ganze so buntscheckige und zum Theil barbarische Character mittelalterlicher Institutionen sei dem oben angedeuteten psychologischen Zwecke entsprungen, die Menschheit für die kommenden Zeiten des Handelns und Erkennens mit jener **psychischen Reactionsfähigkeit** auszurüsten, deren sie bedarf, um im Zusammenwirken und Verfolgen gemeinsamer Zwecke das Verhalten Anderer beim eigenen Handeln gehörig zu berücksichtigen — wollen wir, frage ich, unter dieser Voraussetzung der Natur Vorschriften machen, und ihr vorwerfen, sie habe nicht die richtigen Mittel gewählt und hätte auf anderen Wegen einfacher zu ihren Zielen gelangen können?

Eines solchen Mangels an Ueberlegung machen sich aber offenbar diejenigen schuldig, welche daran gewöhnt sind, das ganze Mittelalter als ein pathologisches Zerrbild menschlicher Zustände zu betrachten, dessen man sich beim Lichte unserer heutigen Erkenntniss und Cultur schämen müsste. Fürwahr, derartige Anschauungen sind nicht sehr verschieden von denjenigen, mit denen man die Lehre Darwin's vom Standpuncte der menschlichen Würde aus zu bekämpfen sucht.

Will man einmal auf diesem Gebiete der Erkenntniss die logischen Operationen des Verstandes von Motiven abhängig machen, welche dem Boden menschlicher Eitelkeit und menschlichen Hochmuthes entsprossen sind, so lege man sich die Frage vor, ob die

Abstammung des Menschen von einer vor Millionen von Jahren früher lebenden Thierspecies für das Gefühl unserer sittlichen Würde verletzender ist als der Gedanke, von Menschen abzustammen, welche vor 200 Jahren kaltblütig und mit den ausgesuchtesten Martern in Folterkammern viele Tausende ihrer Mitmenschen von Glaubenswegen zu Tode quälten.

Wir dürfen bei Beurtheilung historischer Processe nie vergessen, dass die gewaltigen und weltbewegenden Motive, welche auf dem Boden religiöser Ueberzeugungen erwachsen sind, ebenso in die Reihe nothwendig verknüpfter Veränderungen an der Erdoberfläche eingreifen, wie heute die Principien der Humanität in den stürmischen Process der individuellen Entfesselung und der hierzu erforderlichen practischen Verwerthung theoretischer Erkenntniss.

Bei der Beschränktheit des menschlichen Verstandes muss es als eine Vermessenheit erscheinen, aus einer hypothetisch angenommenen Abänderung vorhergegangener Bedingungen die hieraus resultirenden Wirkungen auf die gegenwärtigen Zustände bemessen zu wollen. Scheitert doch ein solches Unternehmen schon bei den einfachsten Naturprocessen — um wieviel aussichtsloser muss es bei den unfassbar complicirteren Processen der Geschichte sein! Hier wie dort haben wir einfach die Thatsachen als nothwendig miteinander verknüpfte Naturphänomene anzusehen, welche unser Verstand auf Grund des ihm eigenthümlichen Causalitätsgesetzes mit Berücksichtigung aller bewegenden Kräfte mechanisch und psychologisch zu begreifen suchen muss.

Alles was wir an der Gegenwart Grosses und Gewaltiges bewundern, ist das nothwendige Resultat vorangegangener Zustände und Begebenheiten, also auch der religiösen und feudalen Entwickelungsphase des Mittelalters.

Mir war es lange unverständlich, aus welchem Grunde ein so vorurtheilsfreier und entschlossener Denker wie Thomas Buckle diese einfachen und ersten Forderungen einer naturwissenschaftlichen Behandlung der Geschichte gänzlich übersehen konnte, indem er den Einfluss religiöser und sittlicher Vorstellungen auf den Fortschritt der Civilisation läugnet oder nur als einen hemmenden und störenden darstellt. Indessen ergiebt sich bei genauerer Betrachtung der

unten citirten Stellen,[1]) dass dieser fundamentale Irrthum BUCKLE's.

---

1) HENRY THOMAS BUCKLE's Geschichte der Civilisation in England. Deutsch von A. RUGE. 3. Ausgabe. Bd. I. p. 152 ff.

»Wir wissen, dass die Hauptursache menschlichen Verfahrens sehr veränderlich ist, brauchen also nur diesen Prüfstein auf irgend eine Reihe von Umständen anzuwenden, welche für die Ursache gehalten werden, und wenn wir finden, dass diese Umstände nicht sehr veränderlich sind, so müssen wir schliessen, dass sie nicht die Ursache sind, auf deren Entdeckung wir ausgehn.

Wenden wir diesen Prüfstein auf sittliche Motive oder die Gebote des sogenannten sittlichen Gefühls an, so werden wir sogleich bemerken, wie äusserst gering der Einfluss ist, den diese Beweggründe auf den Fortschritt der Civilisation ausgeübt. Denn es findet sich ohne Zweifel nichts in der Welt, was so wenig Veränderung erlitten hat, als jene grossen Grundsätze, welche die Moralsysteme ausmachen. Andern Gutes zu thun, unsre eignen Wünsche zu ihren Gunsten zu opfern, unsern Nächsten zu lieben wie uns selbst, unsern Feinden zu verzeihn, unsre Leidenschaften im Zaum zu halten, unsre Aeltern zu ehren, die Obrigkeit zu achten, dies und dergleichen mehr sind die Hauptsätze der Moral; aber sie sind seit Jahrtausenden bekannt und nicht ein Titelchen ist zu ihnen hinzugefügt worden durch alle Predigten, Homilien und Textbücher, welche Moralisten und Theologen zur Welt gebracht.«

Folgende Worte, welche THOMAS BUCKLE im Jahre 1855 schrieb, (Ebend. p. 166) sind heute durch unwiderrufliche Thatsachen schlagend widerlegt, folglich auch wohl die theoretischen Prämissen, aus denen BUCKLE seine hierauf bezüglichen Conclusionen ableitete.

»So wird mit dem Fortschritt der Civilisation ein Gegengewicht erlangt und der kriegerische Eifer durch Beweggründe aufgewogen, die nur Culturvölker fühlen können. Aber bei einem Volke, dessen Intelligenz nicht gebildet ist, kann es nie ein solches Gegengewicht geben; davon sehen wir eine gute Erläuterung an dem jetzigen Kriege. Denn das Characteristische des grossen Kampfes, in den wir verwickelt sind, ist, dass er nicht durch streitende Interessen civilisirter Völker, sondern durch einen Bruch zwischen Russland und der Türkei, den beiden am tiefsten in der Barbarei steckenden Monarchien in Europa, hervorgerufen wurde. Dies ist eine sehr bedeutungsvolle Thatsache. Es ist sehr bezeichnend für den jetzigen Zustand der Gesellschaft, dass ein Friede von einer Dauer ohne Gleichen nicht wie frühere Frieden durch einen Streit zwischen zwei civilisirten Nationen gebrochen wurde, sondern durch die Uebergriffe der uncivilisirten Russen gegen die noch uncivilisirteren Türken.

Dies ist der Hauptzug, wodurch sich dieser Krieg vor seinen Vorläufern auszeichnet. Dass ein Friede fast vierzig Jahre dauern und dann nicht, wie bisher, durch Feindseligkeiten zwischen civilisirten Staaten, sondern durch den Ehrgeiz des einzigen zugleich mächtigen und uncivilisirten Reichs unterbrochen werden musste, — ist einer von den vielen Beweisen, dass ein Widerwille gegen den Krieg ein gebildeter Geschmack intellectueller Völker ist.«

Ich glaube vielmehr, man darf es — wenigstens für den von uns bewohnten Planeten — als ein durch viel tausendjährige Inductionen bewiesenes Naturgesetz betrachten, dass im Reiche der höheren Organismen, sowohl beim Ih-

welcher ihn gerade in wesentlichen Puncten zu falschen Consequenzen führt, aus mangelhafter Erkenntniss des psychischen Mechanismus menschlicher Handlungen resultirt. BUCKLE betrachtet nämlich den Einfluss abstracter, auf dem Wege bewusster Verstandesthätigkeit erlangter Grundsätze als gleichwerthig mit dem Einflusse der im Laufe der Erziehung durch Generationen hindurch unbewusst erzeugter und instinctartig wirksamer sittlicher Ueberzeugungen. Allein ebenso wenig, wie man durch die genaueste Kenntniss der Gesetze der Statik im Stande ist, einen Stab in freier Hand zu balanciren, ebenso wenig ist die genaueste Kenntniss der Gesetze der Moral und ihrer Zweckmässigkeit ausreichend, um unsere Handlungen im concreten Falle andern Motiven gegenüber practisch und zwingend zu leiten. Hierzu gehört jener nur durch Uebung im Laufe von Generationen entwickelte moralische Tact und Instinct, welcher sich gleichsam als Niederschlag aus den Zeitaltern religiöser und sittlicher Vertiefung im Blute der folgenden Generationen absetzt.[1]) Alles was die Menschen an Tiefe und

---

dividuum als auch bei der Gattung, Neues nur unter Schmerzen und Blutvergiessen geboren werden kann.

1) Inwieweit die Entstehung solcher practischen Instincte und sittlichen Tactgefühle zugleich mit einer Beschaffenheit unseres Nervensystems in Verbindung steht und daher auch rückwirkend allmälig physiologische Veränderungen in uns bewirken muss, darüber mögen uns die folgenden Worte HUXLEY's (Grundzüge der Physiologie. Deutsche Ausgabe. Leipzig 1871. p. 289 ff.) Aufschluss geben:

»Die dem Rückenmark eigenen Reflexthätigkeiten sind natürliche und in dem Bau des Rückenmarks und der Eigenschaften seiner Bestandtheile bedingt. Mit Hülfe des Gehirnes können wir eine Unzahl künstlicher Reflexthätigkeiten erlangen. Das heisst, eine Thätigkeit mag unsere ganze Aufmerksamkeit und Willenskraft erfordern bei ihrer ersten oder zweiten oder dritten Ausübung, aber bei häufiger Wiederholung wird sie gewissermassen Theil unserer Organisation und wird dann ohne Willenskraft und selbst ohne Bewusstsein ausgeführt.

Wie Jedermann weiss, braucht ein Soldat lange Zeit, um sein Exercitium zu lernen — z. B. dass er sich in die richtige Stellung bringt, im Augenblick sowie der Befehl »Achtung!« gehört wird. Aber nach einiger Zeit folgt die That auf das Wort, ob der Soldat daran denkt oder nicht. Es giebt eine Geschichte, die glaublich genug ist, obgleich sie nicht wahr sein mag; wie ein Spassmacher, der einen entlassenen alten Soldaten sein Mittagbrod nach Hause tragen sieht, plötzlich »Achtung!« rief, worauf der Mann sofort seine Hände nach unten streckte und Fleisch und Kartoffeln in der Gosse verschwanden. Das Exercitium war gründlich gewesen, und seine Wirkungen hatten sich in dem Bau seiner Nerven verkörpert.

Kraft des sittlichen Empfindens in Zeiten des Handelns und Erkennens in sich vorfinden und bedürfen, um durchgreifende Erfolge zu erzielen, verdanken sie der vorangegangenen Entwickelung ihrer psychischen Reactionsfähigkeit gegenüber fremden Handlungen. Aehnlich wie während des Schlafes die Gesammtthätigkeit unseres Organismus auf die Aufspeicherung und Regeneration von Kräften und Fähigkeiten für die Handlungen und Erkenntnissprocesse des folgenden Tages gerichtet ist, ähnlich sind jene Epochen des intellectuellen Rückschrittes und Stillstandes der Cultur die Zeiten zur Erneuerung des moralischen Instinctes behufs der Zweckmässigkeit eines thatkräftigen Handelns und Erkennens in kommenden Zeiten.

Betrachtet man von diesem Gesichtspuncte aus die Begebenheiten des Mittelalters, und lässt sich den Blick nicht durch die Beschaffenheit der angewandten Mittel trüben, so verschwinden, wie mir scheint, eine grosse Zahl von Widersprüchen, welche uns nothwendig bei einer Beurtheilung dieser Erscheinungen vom Standpuncte gegenwärtiger Bestrebungen entgegentreten müssen.

Aehnlich aber wie man bei einem emporgeschleuderten Steine, so lange er steigt, die Verwandlung von lebendiger Kraft in Spannkraft als den Zweck seiner mechanischen Arbeitsleistung bezeichnen kann, und alle Theile desselben vermöge ihres Zusammenhanges und der vorangegangenen Ursachen gewaltsam diesem Zwecke unterworfen sind, ähnlich muss auch die Zweckmässigkeit von räumlich und zeitlich zusammenhängenden historischen Ereignissen nach dem psy-

---

Die Möglichkeit jeglicher Erziehung und Ausbildung (militärisches Drillen ist nur eine besondere Form einer solchen) beruht in dem Vorhandensein dieses Vermögens des Nervensystems, bewusste Thätigkeiten in mehr oder weniger unbewusste oder Reflex-Verrichtungen umzugestalten. Es kann als eine Regel aufgestellt werden, dass wenn zwei geistige Zustände häufig und lebhaft zusammen oder hintereinander hervorgerufen werden, die spätere Hervorbringung des einen genügt, um den andern hervorzurufen, und zwar geschieht dies, ob wir es wünschen oder nicht.

Die Aufgabe der Erziehung des Verstandes ist es nun, solche unauflösliche Verbindungen von unseren Vorstellungen der Dinge zu schaffen, in der Ordnung und Verbindung, in welcher sie in der Natur vorkommen; die Aufgabe der moralischen Erziehung ist es, ebenso fest die Vorstellungen böser Thaten mit denen des Schmerzes und der Erniedrigung und die guter Thaten mit denen der Freude und Veredelung zu vereinen.«

chologischen Gesammtszwecke der betreffenden historischen Periode beurtheilt werden. Bei hinreichender Ausdehnung des der Betrachtung unterworfenen Zeitraumes stellt sich, wie gezeigt, als der Inhalt eines solchen fundamentalen Gesammtszweckes, nach Analogie des Schlafes beim Individuum, die periodische Regeneration der fundamentalen psychischen Eigenschaften des Menschengeschlechts heraus, durch welche es von andern Thiergattungen wesentlich unterschieden ist. Hierdurch gestaltet sich der fortschreitende Entwickelungsprocess der Menschheit zu einem periodischen oder allgemeiner oscillatorischen Process, in welchem ununterbrochen Zeiten des Fortschritts und der Cultur mit Zeiten des intellectuellen Rückschrittes und der Finsterniss abwechseln. — Den Bewegungen eines Pendels vergleichbar, welches beim Durchgange durch seine Gleichgewichtslage allen Kraftvorrath des Systems in Form von lebendiger Kraft repräsentirt und nothwendig erst wieder die mit Unlust verbundene entgegengesetzte Arbeit leisten muss, ehe es abermals jenes Maximum von lebendiger Kraft erreicht, welches bei inzwischen eingetretener Veränderung äusserer Umstände entweder grösser oder kleiner als das erste Mal sein kann, — ähnlich schwanken die Schicksale der Menschheit zwischen Epochen der Lust beim Erwachen und Zunehmen der Erkenntniss, und Epochen der Unlust bei hereinbrechender Finsterniss und Barbarei in Folge der durch die anstrengende Arbeit beim Handeln und Erkennen eingetretenen Erschöpfung an moralischen Instincten. Die Regeneration derselben kann nur, wie die physische Erfrischung beim Individuum im Schlafe, unter dem schützenden Dunkel der Nacht von Statten gehen.

Das Princip von der Erhaltung der Kraft, oder allgemeiner ausgedrückt: die Constanz der Bilanz zwischen Ursachen und Wirkungen[1]) ist auch in den historischen Processen als gültig anzuerkennen.

Ausserdem ist aber auf diesem Gebiete noch der Character

---

1) In meiner academischen Antrittsvorlesung (15. December 1866) »über die universelle Bedeutung der mechanischen Principien« habe ich unter Anderm (p. 23 ff.) versucht, das Princip von der Erhaltung der Kraft in der oben ausgesprochenen allgemeineren Form als eine logische Consequenz des Causalitätsgesetzes darzustellen.

der Periodicität auf's Engste mit allen Erscheinungen verflochten. Denn stetig wirkende Ursachen, welche allmälig Wirkungen erzeugen, die ihrerseits wieder die Bedingungen aufheben, an deren Dasein die Wirksamkeit jener Ursachen geknüpft ist, müssen nothwendig oscillatorische oder periodische Phänomene erzeugen.

Von diesem Gesichtspuncte aus habe ich versucht die Periodicität der Sonnenflecken zu erklären, indem ich zeigte, wie hier zunächst die Klarheit der Sonnenatmosphäre an einer bestimmten Stelle die Ausstrahlung und dadurch die Temperaturerniedrigung an der Oberfläche der Sonne vermittelt, wie aber dann in Folge der hierdurch eingeleiteten Gleichgewichtsstörungen und Wolkenbildungen, gerade diejenigen Umstände wieder vernichtet werden, die ursprünglich Veranlassung zu einer localen Abkühlung gaben.[1])

So spiegeln sich in den atmosphärischen Processen der Weltkörper die Grundphänomene des historischen und politischen Lebens im rastlosen Thun und Treiben der leidenden Menschheit! Hier wie dort wird durch eine wunderbar complicirte Verkettung einfacher und fundamentaler Ursachen ein Reichthum und eine Mannigfaltigkeit von Erscheinungen hervorgerufen, die zwar im Einzelnen einer jeden deductiven Behandlung spotten, im Allgemeinen aber, als Ersatz dafür, den hohen ästhetischen Genuss gewähren, der sich jederzeit mit der Erkenntniss einfachster Mittel im Dienste grosser und gewaltiger Effecte verbindet.

Die Sprache, gleichsam als ahnte sie die ferne Verwandtschaft jener bewussten oder unbewussten Naturprocesse, bedient sich bei Schilderungen politischer Constellationen und Ereignisse in erfolgreichster Weise meteorologischer Metaphern.

Beim Beginn des Jahres war der politische Horizont so rein und klar wie selten beim Anbruche eines neuen Jahres. Ungetrübt schweiften die Blicke in eine friedliche Zukunft und das Barometer an den Börsen Europa's war fortdauernd im Steigen. Von Westen her wehte ein milder, lauer Frühlingswind und ver-

---

1) Ueber die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken. Berichte d. K. Sächs. Ges. d. W. 12. Dec. 1870. Ueber das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten. Ebendaselbst 11. Febr. 1871.

Die Theorie der unbewussten Schlüsse in ihrer Anwendung auf die Gesichtswahrnehmungen.

> „Wir finden es häufig bei Fragen, zu deren Bearbeitung der zeitige Entwickelungsgang der Wissenschaft hindrängt, dass mehrere Köpfe ganz unabhängig von einander, eine genau übereinstimmende neue Gedankenreihe erzeugen."
>
> Helmholtz,
> Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte. p. 20.

Wenn ich mir erlaube, in Folgendem zunächst eine Abhandlung zu reproduciren, welche ich vor mehr als 11 Jahren in Poggendorff's Annalen, Bd. CIX. p. 500—523, über eine sehr merkwürdige und bis dahin unbekannte optische Täuschung veröffentlicht habe, so geschieht dies aus einem dreifachen Grunde.

Erstens, weil die fragliche Täuschung gleichsam durch ein *experimentum crucis* die Hypothese zur unmittelbaren Anschauung bringt, dass unsere Gesichtswahrnehmungen die Resultate unbewusster Verstandesoperationen sind, durch welche das uns durch die Sinne gelieferte Empfindungsmaterial erst zu bestimmten Vorstellungen verarbeitet wird.

Zweitens, weil die von mir zur Erklärung dieser Täuschung entwickelte *Theorie der unbewussten Verstandesoperationen* zu einer Zeit (1860 Juni) geschrieben wurde, wo mir weder die Schriften von Schopenhauer, E. H. Weber noch Helmholtz [1]) bekannt waren, die

---

1) H. Helmholtz. Ueber das Sehen des Menschen, ein populär wissenschaftlicher Vortrag. Leipzig 1855.

Aber auch schon Ernst Heinrich Weber, der Physiologe, hat in seinem

betreffenden Lieferungen der physiologischen Optik, aber, in welcher HELMHOLTZ dieselbe Theorie der unbewussten Verstandesoperationen

---

Artikel »über *Tastsinn* und *Gemeingefühl*« in WAGNER's Handwörterbuch der Physiologie Bd. III. Abth. 2 die *wesentlichen* Principien der SCHOPENHAUER'schen Lehre von der »*Intellectualität der Anschauung*« entwickelt, die später, unabhängig hiervon, noch einmal ausführlicher unter dem Namen »*empiristische Theorie*« von HELMHOLTZ in die Wissenschaft eingeführt wurde.

Zum Beweise dieser Behauptung erlaube ich mir nur folgende Stellen aus der oben citirten Schrift mit den Worten WEBER's anzuführen:

»Die Art und Weise, wie wir bei der *Auslegung* unserer Empfindungen zu Werke gehen, hängt nicht ganz von unserer freien Selbstbestimmung ab, sondern wir sind durch eine unbekannte Ursache genöthigt, die Empfindungen nach den Kategorien des Raumes, der Zeit und der Zahl uns vorzustellen und in einen Zusammenhang zu bringen.

Diese Vorstellungen sind also nicht das Resultat der Erfahrung, sondern Erfahrung wird erst dadurch möglich, dass wir das Vermögen besitzen, uns die Empfindungen nach den Kategorien des Raumes, der Zeit und der Zahl zu deuten. Dass wir zu jener Auslegung der Empfindungen nicht durch eine freie Thätigkeit unserer Seele gelangt sind, dessen werden wir uns bewusst, wenn wir eine andere Auslegung versuchen. Denn wir werden uns dann bewusst, dass wir die Empfindungen so auslegen *müssen*, und dass wir in dieser Auslegung nicht das Geringste ändern können.«

Der erwähnte Artikel ist ein besonderer Abdruck einer Schrift von ERNST HEINRICH WEBER, deren vollständiger Titel der folgende ist: »*Die Lehre vom Tastsinne und Gemeingefühle, auf Versuche gegründet für Aerzte und Philosophen.* Braunschweig 1849. 8. bei Vieweg.«

Eine dieser Schrift vorangehende Abhandlung WEBER's befindet sich in den Berichten der Königl. Sächs. Ges. der Wissenschaften. Leipzig 1848. Dieselbe ist betitelt:

»*Ueber die Umstände, durch welche man geleitet wird, die Empfindungen auf äussere Objecte zu beziehen.*«

In einer Abhandlung vom Jahre 1852 ebenfalls in den Berichten der Königl. Sächs. Ges. der Wissenschaften:

»*Ueber den Raumsinn und die Empfindungskreise in der Haut und im Auge*« spricht E. H. WEBER am Schlusse, auf die Ergänzungen des Gesichtsfeldes beim blinden Flecke Bezug nehmend (p. 158), den folgenden Satz aus:

»*Es ist dies ein neuer Beleg zu der Erfahrung, dass Vorstellungen, zu denen wir durch S c h l ü s s e, die wir aus unseren Empfindungen ziehen, veranlasst werden, so mit den Empfindungen verschmelzen können, dass wir sie nicht mehr zu unterscheiden wissen, und dass wir dann das wirklich zu empfinden glauben, was wir uns vorstellen.*«

Ebenso wird die Vergrösserung der Mond- und Sonnenscheibe in der Nähe des Horizontes diesen Anschauungen entsprechend erklärt.

Man sieht also, dass auch bereits E. H. WEBER die *Theorie der unbewussten Schlüsse* dem Principe nach in vollkommen klarer und bestimmter Weise zur Erklärung der Gesichtswahrnehmungen ausgesprochen hat.

ausführlich entwickelt hat, erst nach der Publication meiner Arbeit erschienen sind.

Wenn daher die Unabhängigkeit, mit welcher verschiedene Köpfe bei ernstem Nachdenken über Ursachen von Erscheinungen zu *gleichen* theoretischen Resultaten gelangen, als eine Stütze für die Richtigkeit der letzteren angesehen werden darf, so wird die in der betreffenden Abhandlung von mir selbständig entwickelte *Theorie der unbewussten Schlüsse* vielleicht als ein weiteres Argument für die Wahrheit dieser Theorie betrachtet werden können.

Drittens endlich halte ich trotz mannigfach abweichender, zum Theil gänzlich verfehlter, Erklärungsversuche meine *rein psychologische* Deduction der Täuschung auch heute noch, namentlich der von HELMHOLTZ auf *Augenbewegung* basirten gegenüber, in vollem Umfange aufrecht, indem ich gegenwärtig in der Lage bin, neue und gewissermassen *experimentelle* Beweise für die Richtigkeit meiner Theorie, und die Unhaltbarkeit derjenigen von HELMHOLTZ beizubringen.

Hier mag zunächst der *vollkommen unveränderte* Abdruck der Abhandlung selber folgen:

Ueber eine neue Art von Pseudoskopie und ihre Beziehungen zu den von Plateau und Oppel beschriebenen Bewegungsphänomenen.

1. Obgleich von WHEATSTONE ursprünglich nur die mit Hülfe stereoskopischer Vorrichtungen erhaltenen Umstülpungen erhabener in vertiefte und vertiefter in erhabene Reliefs als pseudoskopische Erscheinungen bezeichnet wurden, [1]) so hat doch DOVE mit Recht diesen Begriff erweitert[2]) und ihn auf alle die unter dem alten Namen der Gesichtsbetrüge bisher unvollständig bekannten Erscheinungen ausgedehnt.

Hierdurch mag es gerechtfertigt sein, wenn im Folgenden unter dieser Bezeichnung eine auffallende Täuschung beschrieben wird, welche ich zufällig an einem für Zeugdruck bestimmten Muster beobachtet habe.

---

1) WHEATSTONE. On some remarkable and hitherto unobserved phenomena of binocular vision (Philos. Trans. 1852, Ann. Ergzbd. I.)

2) DOVE. Optische Studien (Fortsetzung) 1859 p. 19.

2. In beistehender Figur ist ein mit dem Original im Wesentlichen übereinstimmendes Schema dieses Musters gegeben und man bemerkt sogleich, vorzugsweise bei etwas seitlich geneigtem Kopfe, eine abwechselnde Convergenz und Divergenz der vier Längsstreifen, obgleich man sich durch Messung [1]) leicht von dem vollkommenen Parallelismus derselben überzeugen kann.



Man bemerkt ferner, dass die Stärke dieser Täuschung von der Lage der Hauptstreifen zur Verbindungslinie der beiden Augen abhängt und dann ein Maximum erreicht, wenn sich beide Richtungen ungefähr unter einem Winkel von 45° schneiden.

3. Um über die Ursache dieser Erscheinung Aufschluss zu erhalten, suchte ich zunächst die Bedingungen derselben möglichst zu vereinfachen und fand hierbei sehr bald, dass es zur Erzeugung jener Täuschung nicht nothwendig ist, die Hauptstreifen wirklich zu zeichnen, da die Richtung derselben schon durch die gleichmässige Aufeinanderfolge der kleinen Querstreifen genügend für das Auge angedeutet ist.

Ich untersuchte ausserdem noch die Abhängigkeit der Erscheinung von folgenden Umständen:

1) von der Anzahl der Querstreifen,
2) von dem Abstande derselben,
3) von ihrer Neigung zur Richtung der Längsstreifen,
4) von dem Abstande der letzteren,
5) von der Intensität der Zeichnung.

Als Ergebniss dieser Untersuchung liess sich nur feststellen, [2])

1) Oder durch Hinaufsehen unter einem sehr spitzen Winkel nach der Richtung der Längstreifen.

2) Mit Vernachlässigung der extremsten Fälle.

dass die pseudoskopische Ablenkung der Hauptstreifen zur Richtung der Querstreifen eine ganz bestimmte ist, so zwar, dass beide stets nach entgegengesetzten Seiten abwechselnd zu convergiren oder zu divergiren scheinen.

Die Intensität der Zeichnung oder ihr Abheben vom weissen Grunde des Papiers erwies sich ganz ohne Einfluss und trat für mich die bewusste Täuschung schon ein, sobald nur, selbst mit Hülfe der schwächsten Bleistiftstriche, eine Vorstellung von der Figur erzeugt war.[1])

Die Breite der Streifen ist ganz gleichgültig und man erhält die Täuschung ebenso schön, wenn man Längs- und Querstreifen einfach mit derselben Oeffnung einer Ziehfeder zeichnet, so dass sich die ganze Figur in wenigen Minuten herstellen lässt.

Abgesehen von der pseudoskopischen Ablenkung der Hauptstreifen zeigt indessen die Figur noch eine andere Täuschung, die bei dem ursprünglichen Muster nicht hervortrat, auf die jedoch bei Copirung desselben Hr. Prof. Poggendorff die Güte hatte, meine Aufmerksamkeit zu lenken. Es ist dies die Nonius-artige Verschiebung der zu beiden Seiten der Längsstreifen befindlichen Hälften der Querstreifen. Diese Täuschung, welche dadurch erzeugt wird, dass wir in unserer Vorstellung je zwei nicht zusammengehörige Hälften dieser Querstreifen combiniren, hat mit der Ablenkung der Längsstreifen durchaus nichts zu schaffen. Man kann sich hiervon leicht durch Wiederholung der Zeichnung in der oben angegebenen Weise überzeugen, wobei die zuletzt erwähnte Täuschung ganz wegfällt.[2])

Noch ist zu bemerken, dass die Erscheinung auch für monoculare Betrachtung eintritt und natürlich bei hinlänglicher Entfernung des Objectes vom Beobachter, wegen des allmälig überwiegenden Einflusses der Hauptstreifen verschwindet.

Es bleiben daher im Wesentlichen nur zwei Umstände übrig, welche für die besprochene Pseudoskopie von characteristischer Be-

---

1) Hierdurch wird die Möglichkeit einer etwa mit Hülfe der Irradiation versuchten Erklärung ausgeschlossen.

2) Ich hätte es daher auch vorgezogen diese einfachere Zeichnung an Stelle der in Fig. 4 Taf. VIII stehenden zu geben, wenn nicht zur letzteren bereits die Druckplatte bei Einlieferung der Abhandlung angefertigt gewesen wäre.

deutung sind und daher einer Erklärung dieser Erscheinung als Stützpuncte dienen müssen. Diese beiden Umstände sind:

1) Die Abhängigkeit der pseudoskopischen Ablenkung der Hauptstreifen von der Richtung der Querstreifen.

2) Die Abhängigkeit des Maximums jener Ablenkung von dem Neigungswinkel der Hauptstreifen zur Verbindungslinie der beiden Augen. Das Minimum tritt sehr deutlich ein, wenn dieser Winkel 0^0 oder 90^0 beträgt.

4. Wenn ich es nun versuche, auf diese beiden Thatsachen gestützt, in Folgendem eine Erklärung der besprochenen Pseudoskopie zu geben und hierbei auf die Erörterung der bereits früher von PLATEAU [1]) und OPPEL [2]) beschriebenen pseudoskopischen Bewegungsphänomene geführt werde, so muss ich gleich Eingangs darum bitten, diese Erklärung für nichts mehr als einen Versuch einer solchen hinzunehmen und mir in Beurtheilung derselben Nachsicht widerfahren zu lassen.

Wir werden zunächst als feststehend annehmen können, dass die vorliegende Täuschung keine physikalische ist, wie eine grosse Anzahl der sogenannten Irradiationsphänomene [3]), sondern vielmehr eine rein psychische, bei welcher das Urtheil des Beobachters über den Parallelismus zweier geraden Linien gefälscht wird, so dass von diesem Gesichtspuncte aus die in Rede stehende Erscheinung mit jenen bekannten Täuschungen in eine Kategorie zu stellen ist, durch welche wir die Mondscheibe in der Nähe des Horizontes vergrössert erblicken und die Grösse eines nahe vorbeifliegenden aber von uns in grosse Entfernung versetzten Insectes so bedeutend überschätzen. [4])

Wir begnügen uns damit, diese Erscheinungen dadurch zu erklären, dass wir die Umstände aufweisen, welche uns zu einem falschen Urtheil über die Entfernung des wahrgenommenen Objectes

---

1) POGGEND. Annal. Bd. LXXX, p. 290.

2) POGGEND. Annal. Bd. XCIX, p. 540—561.

3) A. FICK. Arch. f. Ophthalm. II. 2. p. 70—76.

4) Da also bei constanter Grösse desselben Netzhautbildes ganz verschiedene Vorstellungen von der Grösse des wahrgenommenen Objectes in uns erzeugt werden können, so sind wir durch die unmittelbare sinnliche Wahrnehmung allein nicht befähigt, bestimmte Vorstellungen von den Dimensionen der uns umgebenden Gegenstände zu erhalten.

und dadurch bei constantem Sehwinkel zu einem falschen Schluss über dessen Grösse veranlassen.

Ebenso will ich es nun nach Analogie dieser rein psychologischen Erklärung versuchen, im Folgenden nachzuweisen, wodurch und auf welche Weise wir bei der vorliegenden Zeichnung zu einem falschen Schluss über die räumlichen Beziehungen der Hauptstreifen verführt werden.

5. Als unmittelbares Ergebniss der Beobachtung steht fest, dass wir durch das Vorhandensein der schrägen Querstreifen zu jener Täuschung veranlasst werden. — Um nun auch zu ermitteln, auf welche Weise dies geschieht, müssen wir zuerst ganz allgemein untersuchen, wie die Vorstellung vom Parallelismus überhaupt in uns erzeugt werde.

Wir definiren zwei Linien als parallel, wenn der kürzeste Abstand an allen ihren Puncten derselbe ist.

Ist die Ausdehnung der beiden Linien sehr gross, so dass wir dieselben nicht mehr bequem übersehen können, so müssen wir uns messender Instrumente bedienen, um ihre Entfernung an verschiedenen Puncten zu vergleichen und alsdann schliessen wir aus der gefundenen Gleichheit oder Ungleichheit ihres Abstandes auf ihren Parallelismus oder Nichtparallelismus. Es ist also in diesem Falle die Vorstellung vom Parallelismus jener Linien das Resultat eines logischen Schlusses, welcher mit Hülfe unseres Verstandes aus gewissen Thatsachen der Beobachtung abgeleitet wird.

Ist dagegen die Ausdehnung der Linien eine so geringe, dass wir dieselben mit »einem Blick« übersehen können, so gelangen wir *anscheinend* unmittelbar zur Vorstellung ihres Parallelismus, ohne erst ihren Abstand besonders an verschiedenen Puncten zu vergleichen. Ich nehme indessen an, und dies ist im Grunde die einzige Hypothese, welche gemacht wird, *dass diese Unmittelbarkeit eine nur scheinbare ist, und allein dadurch erzeugt wird, dass wir uns wegen der Schnelligkeit der mit Hülfe unserer Augen angestellten Vergleichungen dieser Operationen gar nicht einzeln bewusst werden, sondern vielmehr sogleich das Endresultat — den daraus gezogenen Schluss — als Resultat einer unmittelbaren Wahrnehmung ansprechen.*[1]

1) Vergl. George, die fünf Sinne als Grundlage der Psychologie (Berlin 1846) p. 14.

Wir verzichten hier vorläufig auf jede weitere Discussion über die grössere oder geringere Wahrscheinlichkeit dieser Annahme, hoffen indessen im Laufe der folgenden Untersuchungen Gelegenheit zu haben, um wenigstens von der grossen Fruchtbarkeit derselben zu überzeugen.

Wir übertragen dieselbe zunächst auf die Vorstellungen der Convergenz und Divergenz und nehmen auch hier an, dass diese Vorstellungen die Resultate von Schlüssen sind, welche wir aus der successiven Vergleichung des Abstandes homologer Puncte der verglichenen Linien ableiten.

Ob diese, uns wegen ihrer Schnelligkeit nicht zum Bewusstsein kommenden Operationen des Verstandes von entsprechenden Bewegungen des Augapfels begleitet sind, kann hier nicht näher untersucht werden; indessen ist es eine Thatsache, von der sich jeder aufmerksame Beobachter leicht überzeugen kann, dass die Beweglichkeit der Augenachsen bei der genauen Betrachtung der Lagenverhältnisse zweier geraden Linien eine nicht unwesentliche Rolle spielt.

6. Wir brechen hier vorläufig den Gang unserer bisherigen Untersuchung ab, behalten uns indessen vor, denselben später wieder aufzunehmen, nachdem wir zuvor eine gewisse Gruppe von Erscheinungen einer näheren Betrachtung unterworfen haben.

Es ist dies das Gebiet der sogenannten Contrastwirkungen,[1]) deren Ursache wir zunächst in der eigenthümlichen Beschaffenheit unseres Sensoriums suchen, einen andauernd empfundenen Zustand bei plötzlicher Unterbrechung desselben noch kurze Zeit nachher als den entgegengesetzten wahrzunehmen.

PLATEAU ist, soweit mir bekannt, der Erste gewesen, welcher die Gesammtheit der hierher gehörigen Erscheinungen unter einem gemeinschaftlichen Gesichtspunct zu betrachten versucht hat.[2]) Das Wesentliche seiner Hypothese besteht in der Annahme von zwei entgegengesetzten Erregungszuständen, welche das afficirte Organ nach beendeter Einwirkung der erregenden Ursache periodisch oder »oscil-

---

1) Vgl. OPPEL, Pogg. Ann. Bd. XCIX, p. 543.

2) PLATEAU, Essai d'une théorie générale comprenant l'ensemble des apparences visuelles qui succédent à la contemplation des objets colorés etc. (Mém. de l'acad. de Bruxelles T. VIII.)

latorisch« mit abnehmender Stärke durchläuft, ehe es den normalen Ruhezustand wieder erlangt hat.

Wenn mit Hülfe dieser Annahme nur das Phänomen der zufälligen oder subjectiven Farben erklärt werden soll, so kann man mit dem Begriff jener hypothetischen »entgegengesetzten Erregungszustände« eine ganz bestimmte Vorstellung verbinden, indem man sich die afficirt gewesene Stelle der Netzhaut einfach als in Schwingungen versetzt denkt, welche durch ihre Vibrationsgeschwindigkeit diejenigen des ursprünglich empfangenen Eindruckes entweder zu Weiss ergänzen oder mit denselben qualitativ übereinstimmen. Wenn aber der Erfinder dieser Hypothese in einer späteren Abhandlung[1]) sein »Princip der Oscillationen« auch zur Erklärung jener eigenthümlichen Bewegung der Gegenstände anwendet, welche man bei andauernder Betrachtung gleichförmig bewegter und dann plötzlich in Ruhe versetzter Objecte noch kurze Zeit in entgegengesetzter Richtung wahrzunehmen glaubt,[2]) so dürfte es jedenfalls nicht leicht sein, sich hierbei von der Art dieser entgegengesetzten Erregungszustände einen auch nur einigermassen klaren Begriff zu machen.[3])

7. Aber abgesehen von diesem Umstande, liegt der ganzen Plateau'schen Hypothese eine Annahme zu Grunde, welche durchaus als willkürlich erscheinen muss.

Es wird nämlich der Sitz aller hierher gehörigen pseudoskopischen Erscheinungen in das afficirt gewesene Organ selbst verlegt, während wir doch oben an der pseudoskopisch vergrösserten Mondscheibe in der Nähe des Horizontes gesehen haben, dass zwei gleich grosse Netzhautbilder unter gewissen Umständen dennoch Vorstellungen einer ganz verschiedenen Grösse des wahrgenommenen Objectes in uns erzeugen können. Wäre es also nicht denkbar, dass dasselbe, was hier in Bezug auf räumliche Dimensionen der Netz-

---

1) Pogg. Ann. Bd. LXXX, p. 287 (mitgetheilt aus T. XVI des Bullet. de l'acad. de Bruxelles).

2) Es ist dies die bekannte Bewegung der Gegenstände, welche uns in einem Eisenbahnwagen beim Stillhalten desselben zu der falschen Meinung veranlasst, es [illegible]ge sich der Wagen noch kurze Zeit langsam in entgegengesetzter Richtung. [illegible] man eben hierunter nicht ein wirkliches Vorhandensein entgegenge[illegible] Netzhautbilder verstehen will, was aber offenbar gerade erklärt wer-

hautbilder stattfindet, auch in Bezug auf Ruhe und Bewegung derselben stattfinden kann?

Hierdurch wird, wie ich glaube, die Frage nach dem Sitz der PLATEAU'schen Bewegungsphänomene, ob in dem unmittelbar afficirten Organ (der Netzhaut) oder in dem Organe der Seelenthätigkeit (dem Gehirn), als eine gerechtfertigte erscheinen.

Wie man sieht würde im letzteren Falle die Erklärung für das beobachtete Phänomen nur eine rein psychologische sein können und wir müssten uns alsdann hierbei mit demjenigen Grade der Evidenz begnügen, welcher nach dem heutigen Standpuncte unserer Erkenntniss den Erklärungen auf jenem Gebiete eigen ist. Indessen erinnere ich nochmals daran, dass wir die Vergrösserung der Mondscheibe am Horizont und die Wirkungen der sogenannten Luftperspective ebenfalls rein psychologisch und, wie ich glaube, für unser wissenschaftliches Bedürfniss vollkommen befriedigend erklären, indem wir nachweisen, wie unser Urtheil bei constantem Sehwinkel des wahrgenommenen Objectes über dessen Entfernung getäuscht und wir so zu einem falschen Schlusse über seine Grösse verleitet werden.

8. Die der PLATEAU'schen Hypothese zu Grunde liegende Annahme wird aber sogar unwahrscheinlich, wenn nicht unhaltbar, [1]) sobald man erwägt, dass es auch mit verschlossenen Augen möglich ist, durch mehrmaliges schnelles Herumdrehen um sich selbst, jene bekannte Bewegung der Gegenstände zu erzeugen, welche wir beim sogenannten Schwindel zu beobachten glauben. Diese Erscheinung ist den oben besprochenen Phänomenen so ähnlich, dass man nur höchst gezwungen die Gleichartigkeit des Ursprungs beider in Abrede stellen kann, wie auch OPPEL am Schlusse seiner mehrfach citirten Abhandlung mit Recht hervorhebt.

Dessenungeachtet besteht in so fern ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Bewegungsarten, als im zuletzt erwähnten Fall die Richtung der beobachteten Scheinbewegung stets die entgegengesetzte von der Drehungsrichtung unseres Körpers ist, so dass also bei geöffneten Augen jene pseudoskopische Bewegung in ihrer Rich-

---

1) Natürlich nur in ihrer Anwendung auf die besagten Bewegungsphänomene Von den subjectiven Farben sehen wir hier wie auch im Folgenden gänzlich ab.

tung übereinstimmend mit derjenigen ist, welche wir bei der Drehung an den uns umgebenden Gegenständen beobachteten.

Wir schliessen nun hieraus Folgendes:

Da in uns auch ohne vorhergegangene Reizung der Netzhaut die Vorstellung einer scheinbaren Bewegung der um uns befindlichen Gegenstände erzeugt werden kann, so muss die Ursache dieser Erscheinung in einem falschen Schlusse über die Unveränderlichkeit der örtlichen Beziehungen jener scheinbar bewegten Objecte zu unserem eigenen Standpuncte gesucht werden.

Wir werden daher diese Erscheinungen erklärt haben, wenn es uns nachzuweisen gelingt, wodurch und wie wir zu jenem falschen Schlusse verleitet werden.

9. Aus demselben Grunde, weshalb wir bekanntlich nie im Stande sind über die absolute Ruhe eines Körpers im Weltraume zu entscheiden, können auch unsere unmittelbaren Vorstellungen von Ruhe oder Bewegung eines Objectes nur relative sein, d. h. dieselben können nur dadurch in uns erzeugt werden, dass wir die Lage eines Körpers mit der eines anderen vergleichen und alsdann aus der Constanz oder Veränderlichkeit des gegenseitigen Abstandes auf Ruhe oder Bewegung der verglichenen Objecte schliessen.

Ist daher die Anzahl dieser Gegenstände nur zwei, so ist es vollkommen willkürlich, entweder den einen oder den anderen oder beide als bewegte aufzufassen. War der eine unser eigener Körper, so muss dieser Umstand (vorausgesetzt, dass es uns an anderen Vergleichungspuncten fehlt) nothwendig zu jenen bekannten Täuschungen Veranlassung geben, bei denen wir z. B. auf einem Schiffe die scheinbare Bewegung der Ufer für eine wirkliche halten und in einem ruhenden Eisenbahnwagen durch einen langsam dicht vorbeifahrenden Zug zu der falschen Meinung veranlasst werden, es bewege sich der mit uns stillstehende Zug.

Gerade der zuletzt erwähnte Fall giebt einem Jeden zu den interessantesten Beobachtungen Veranlassung, indem es hierbei sehr oft möglich ist, nur durch die willkürlich veränderte Thätigkeit unseres reflectirenden Verstandes jene Täuschung abwechselnd hervorzurufen oder zu unterdrücken.

. . Man wird in der bisherigen Deduction über die Entstehung der [illegible]stellungen von Ruhe und Bewegung mit Leichtigkeit eine voll-

kommene Analogie zu der obigen (§. 5) über das Zustandekommen der Vorstellungen vom Parallelismus oder Nichtparallelismus zweier geraden Linien wieder erkennen, so dass wir das Resultat unserer bis jetzt angestellten Untersuchung folgendermassen ausdrücken können:

»*Die Vorstellungen vom Parallelismus oder Nichtparallelismus zweier geraden Linien einerseits und diejenigen von der Ruhe oder Bewegung eines Körpers andrerseits, sind nicht unmittelbare Ergebnisse der sinnlichen Wahrnehmung, sondern Resultate von logischen Schlüssen, welche wir mit Hülfe der reflectirenden oder vergleichenden Thätigkeit unseres Verstandes aus den durch das Auge gegebenen Beobachtungsdaten ableiten*[1]. *Nur die grosse Geschwindigkeit dieser sehr schnell aufeinander folgenden Verstandesoperationen verhindert es, dass uns dieselben einzeln zum Bewusstsein kommen.*

10. Dessenungeachtet entsteht jetzt die Frage, ob die besagten Vorstellungen eine gleiche oder verschiedene Zeit zu ihrer Entwickelung in unserem Bewusstsein erfordern und wir wollen vorerst diese Frage in Bezug auf die Vorstellungen von Ruhe und Bewegung zu beantworten suchen.

Angenommen es wäre von zwei Sternen ohne sichtbaren Durchmesser aus theoretischen Gründen wahrscheinlich, dass beide Planeten seien.

Um die Richtigkeit unserer Vermuthung durch die Beobachtung näher zu prüfen, müssen wir zu verschiedenen Zeiten die Abstände der fraglichen Planeten von irgend einem Fixsterne zu wiederholten Malen messen; aus der Constanz oder Veränderlichkeit dieser Abstände schliessen wir alsdann auf die Ruhe oder Bewegung der beiden Sterne. Während wir indessen schon am ersten Beobachtungsabend durch die geringste, merkbare Veränderung des einen der gemessenen Abstände zur Vorstellung von der Beweglichkeit des betreffenden Sternes gelangen können, ist aus der Unveränderlichkeit jenes Abstandes beim zweiten Stern durchaus nicht mit Nothwendigkeit auf seine Unbeweglichkeit zu schliessen, sondern mit demselben

1) Ganz in derselben Weise, wie dies in der Wissenschaft aus den erst mühsam gesammelten Beobachtungsgrössen auf eine uns bewusste Weise zu geschehen pflegt.

Rechte zunächst nur auf eine während der Beobachtungszeit für unser Instrument unmerkliche Bewegung. Erst wenn sich diese Unveränderlichkeit, während einer gewissen Zeit bewährt hat, wird die Ruhe jenes Sternes zu einer Wahrscheinlichkeit, welche sich mit wachsender Zeit und der Anzahl der während derselben angestellten Beobachtungen asymptotisch der Gewissheit nähert. Es ist demnach eine grössere Zeit erforderlich, um uns von der Ruhe des einen wie von der Beweglichkeit des anderen Sternes zu überzeugen.

11. Setzen wir nun an die Stelle jenes Fixsternes unseren eigenen Körper, auf den wir im täglichen Leben alle Bewegungen zu beziehen gewohnt sind, an Stelle der beiden anderen Sterne irgend zwei beliebige Objecte und nehmen nun wieder wie früher an, die einzelnen Vergleichungen der Ortsbeziehungen jener Gegenstände zu unserm Körper erfolgten in so schneller Aufeinanderfolge, dass sie uns einzeln gar nicht zum Bewusstsein kommen, so haben wir, wie schon oben angedeutet, die genetische Entwicklung der Vorstellungen von Ruhe oder Bewegung eines Körpers im täglichen Leben.

Da nun die Dauer jener angenommenen Vergleichungen, mag dieselbe noch so kurz sein, doch stets eine endliche sein muss, so ziehen wir aus dem Vorhergehenden den folgenden Schluss:

Die Vorstellung der Ruhe erfordert eine grössere Zeit zu ihrer Entstehung als die Vorstellung der Bewegung eines Körpers.

12. Wir gelangen nun durch ähnliche Betrachtungen zu einem vollkommen analogen Schluss in Bezug auf die Vorstellungen vom Parallelismus oder Nichtparallelismus zweier geraden Linien. Wir haben nämlich oben (§. 5) gesehen, dass diese Vorstellungen ebenfalls durch schnell aufeinanderfolgende Vergleichungen der Abstände homologer Puncte der geraden Linien in uns entstehen. Die Wahrscheinlichkeit des vollkommenen Parallelismus wächst aber mit dem Abstande und der Anzahl der verglichenen Puncte-Paare in den geraden Linien und nähert sich mit der Zunahme dieser Grössen asymptotisch der Gewissheit. Da nun auch hier die einzelnen Vergleichungen eine gewisse, endliche Zeit beanspruchen und zur Entscheidung, ob zwei Linien parallel sind, eine grössere Strecke von Puncten verglichen werden muss, als dies zur Entscheidung der Convergenz oder Divergenz erforderlich ist, so schliessen wir auch hier:

Die Vorstellung des Parallelismus erfordert eine grössere Zeit zu ihrer Entstehung als die Vorstellung der Convergenz oder Divergenz zweier geraden Linien.

13. Bemerken wir endlich zum Schluss unserer bisherigen Entwickelung noch Folgendes. Wenn man aus einer regelmässig, periodisch wiederkehrenden Erscheinung auch auf die nächstfolgende ihrer Beschaffenheit nach unveränderte Wiederkehr derselben schliesst, so ist dies bekanntlich ein sogenannter »Schluss durch unvollständige Induction«, der erst dann logisch bindende Kraft erhält, wenn sich aus allgemeinen Gesetzen nachweisen lässt, dass diese Erscheinung nothwendig wiederkehren muss. Nichts desto weniger wird die Wahrscheinlichkeit der erwarteten Wiederkehr in einem bestimmten Verhältniss mit der Anzahl der bereits beobachteten Erscheinungen wachsen müssen. [1])

Auf diese Art des Schliessens sind wir nun durch eine gewisse Trägheit unseres Reflexionsvermögens fast allein bei Verarbeitung der täglich in uns aufgenommenen sinnlichen Eindrücke zu bestimmten Vorstellungen angewiesen und wir haben uns durch die im Allgemeinen regelmässige Uebereinstimmung dieser Schlüsse mit der Wirklichkeit so sehr daran gewöhnt, dies als ausnahmelose Regel zu betrachten, dass jede Abweichung hiervon nothwendig zu Täuschungen führen muss. Auch hier nehmen wir nach Analogie des Obigen eine so schnelle Aufeinanderfolge der einzelnen Operationen an, dass uns diese als solche nicht zum Bewusstsein kommen und wir nur die durch den abgeleiteten Schluss gewonnene Vorstellung als etwas in der Wirklichkeit Vorhandenes ansprechen.

14. Wir wollen nun versuchen mit Hülfe der im Vorhergehenden entwickelten Sätze, zunächst die von PLATEAU und Oppel an den oben citirten Stellen beschriebenen Bewegungserscheinungen zu erklären.

Ich wähle hierzu den einfachsten Fall und nehme an, es bewege sich eine Reihe gleich weit abstehender Puncte mit gleichförmiger Geschwindigkeit in gerader Linie z. B. von links nach rechts.

Hat die Bewegung eine gewisse Zeit lang gedauert, so erwarten

1) Vergl. G. HAGEN. Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung §. 7.

wir (§. 13) die Fortdauer derselben auch für den nächsten Moment und zwar mit desto grösserer Gewissheit, je öfter unserer Erwartung entsprochen worden ist, d. h. je länger diese Bewegung gedauert hat. Treten daher die bewegten Puncte plötzlich in den Zustand der Ruhe, so gelangt diese Erscheinung zwar sogleich durch die veränderte Affection der Netzhaut zu unserem Bewusstsein, aber es folgt aus §. 11, dass wir diese Aenderung zunächst nur als veränderten Bewegungszustand wahrnehmen können, da zur Erzeugung der Vorstellung von Ruhe unsere Reflexion erst eine gewisse Zeit lang thätig gewesen sein muss. Je grösser und zuversichtlicher nun unsere Erwartung von der Fortdauer der beobachteten Beweglichkeit gewesen ist, desto längere Zeit wird unsere Reflexionsthätigkeit in Anspruch genommen werden müssen, um in uns die Vorstellung von der Ruhe der vorher bewegten Puncte zu erzeugen, da wir oben gesehen haben, dass die Ueberzeugung von der Ruhe eines Körpers eine mit wachsender Beobachtungszeit sich asymptotisch der absoluten Gewissheit nähernde Grösse ist.

15. Ist aber einmal zugegeben, dass wir einen längere Zeit hindurch geradlinig bewegten und dann plötzlich in Ruhe versetzten Körper noch kurze Zeit nach Eintritt der Ruhe als einen bewegten wahrnehmen müssen, so sind hier im Allgemeinen nur zwei Fälle als möglich anzunehmen[1]): entweder der Körper bewegt sich nach der ursprünglichen Richtung weiter oder nach der entgegengesetzten.

Treten indessen bei dem plötzlichen Uebergang des Körpers aus der Bewegung in Ruhe Erscheinungen ein, welche die Bildung der einen oder anderen jener Vorstellungen (von der Richtung der Bewegung) begünstigen, so wird hierdurch auch allein die Richtung der scheinbaren Bewegung bedingt sein. Eine solche Begünstigung lässt sich nun in der That in vorliegendem Falle sehr leicht nachweisen.

Wenn nämlich ein geradlinig bewegter Körper in die entgegengesetzte Bewegung übergeht, so muss er nothwendig die Ruhelage

1) Es würde die Deduction unnöthigerweise verlängern, wollte man der grösseren Allgemeinheit wegen, die Möglichkeit einer nach allen denkbaren Richtungen stattfindenden Bewegung des Körpers annehmen und alsdann nach dem Satze des zureichenden Grundes die Wahrscheinlichkeit der beiden oben unmittelbar angenommenen Richtungen beweisen.

passiren, so dass dieser Zustand entweder als Endzustand der bisherigen oder als Anfangszustand der entgegengesetzten Bewegung des Körpers aufgefasst werden kann. Da der erste dieser beiden Fälle als dauernder Zustand durch die einmal supponirte Beweglichkeit ausgeschlossen ist, so bleibt nur der letzte übrig und es muss sich daher der Körper für unser Bewusstsein nach der entgegengesetzten Seite bewegen, was zunächst bewiesen werden sollte.

16. Untersuchen wir jetzt die weiteren Beziehungen, welche nach der entwickelten Theorie zwischen der Scheinbewegung und der ursprünglichen zu erwarten sind und sehen zu, wie weit die auf diesem Wege gewonnenen Resultate mit den Ergebnissen der Beobachtung übereinstimmen.

Bezeichnen wir die Grösse der ursprünglichen Bewegung mit G, die der Scheinbewegung mit g, ferner die Dauer der ursprünglichen Bewegung mit D, die der Scheinbewegung mit d, so sind nur folgende Beziehungen denkbar:

1. g als Function von G,
2. g ,, ,, ,, D,
3. d ,, ,, ,, G,
4. d ,, ,, ,, D.

In Betreff der ersten Beziehung folgt unmittelbar aus §. 13, dass allgemein g mit G wachsen muss, und zwar bis zu einem gewissen Maximum, welches dadurch bedingt ist, dass es bei sehr schneller Bewegung nicht mehr möglich ist, einzelne Gegenstände zu unterscheiden, wodurch natürlich die Vorstellung von der Bewegung derselben überhaupt vernichtet wird.

Dies stimmt mit den Beobachtungen OPPEL's an seinem »Antirrheoskop« überein.

Derselbe sagt hierüber nämlich Folgendes (POGG. Ann. Bd. 99, p. 555):

»Ein sehr wichtiger Punct bei der Hervorrufung des besprochenen Phänomens ist, wie mir meine Versuche gezeigt haben, das Treffen der geeigneten Geschwindigkeit der ursprünglichen Bewegung (also der Umdrehung der Kurbel). Denn die Grösse des beabsichtigten Effectes [1]) nimmt, wenn man diese Schnelligkeit

[1]) Worunter also, da nichts Besonderes bemerkt ist, Geschwindigkeit und Dauer zu verstehen ist.

von einem Minimum an wachsen lässt, Anfangs deutlich mit derselben zu, aber nur bis zu einer gewissen Grenze, von welcher an sie, bei noch grösserer Drehungsgeschwindigkeit, ziemlich rasch wieder abnimmt.«

17. Die zweite Beziehung ist nach unserer Theorie geradezu unmöglich und es giebt, so weit mir bekannt, bis jetzt keine Thatsache, welche dieser Folgerung widerspräche.

Die Existenz der dritten Beziehung müssen wir etwas ausführlicher motiviren.

Es ist oben (§. 9) gezeigt worden, dass die Vorstellung von der Bewegung eines Körpers in uns durch wiederholte, schnell aufeinanderfolgende Vergleichungen desselben mit der Lage unseres eigenen Körpers entsteht, indem wir aus der Veränderlichkeit des Abstandes beider Objecte auf die Beweglichkeit des einen schliessen.

Die Dauer dieser Elementaroperationen betrachten wir als eine für dasselbe Individuum constante, so dass innerhalb gleicher Zeiträume auch eine gleiche Anzahl jener Vergleichungen vollendet ist.

Wenn daher die während zwei solcher Vergleichungen stattfindende Ortsveränderung des Körpers für unser Organ unmerklich ist, so werden erst drei solcher Elementarvergleichungen combinirt in uns die Vorstellung von der Bewegung des Körpers erzeugen können u. s. w., so dass wir zu folgendem Satz geführt werden:

Um zur einmaligen Vorstellung von der Bewegung eines Körpers zu gelangen, muss eine desto grössere Anzahl von Elementarvergleichungen combinirt werden, je langsamer die Bewegung ist,

oder in anderer Form:

Die Anzahl der in gleichen Zeiträumen in uns gebildeten Vorstellungen von der Bewegung eines Körpers ist desto geringer, je langsamer die Bewegung ist.

Da nun aber nach §. 13 mit der Anzahl dieser Vorstellungen auch die Wahrscheinlichkeit der Wiederholung desselben Processes in uns wächst und, wie bereits oben gezeigt, nach wirklich eingetretener Ruhe, eine der Grösse jener Wahrscheinlichkeit entsprechende Anzahl von neuen Vergleichungen angestellt werden muss, um den begangenen Fehlschluss zu vernichten, so folgt auch für die dritte der oben aufgestellten Beziehungen, dass d mit G bis zu einem

gewissen Maximum wachsen und dann, aus denselben Gründen wie bei der ersten Beziehung wieder abnehmen muss.

Auch dies Resultat stimmt nach der oben (§. 16) citirten Stelle mit den Beobachtungen OPPEL's überein.

18. Die vierte der aufgestellten Beziehungen folgt unmittelbar aus den §§. 13 und 14, so zwar, dass sich d bei continuirlicher Zunahme von D stets einer gewissen Grenze nähert, ohne dieselbe je zu erreichen. Diese Folgerung behält indessen nur für den idealen Fall einer unveränderten Energie des Auges ihre Gültigkeit, durch dessen Affection die Vorstellung von der Bewegung in uns vermittelt wird. Lassen wir daher diese Annahme, als in der Wirklichkeit nicht existirend, fallen, so gelangen wir auch hier zur Annahme eines gewissen Maximums, was wiederum mit den Ergebnissen der Beobachtung übereinstimmt. Die Worte OPPEL's über diesen Punct lauten (l. c. p. 555):

»Etwas ganz ähnliches gilt auch in Bezug auf die zweckmässige Dauer der anregenden Bewegung. Auch hier scheint es ein Maximum zu geben, welches nicht ohne Minderung des Erfolges überschritten werden darf, und welches noch ziemlich weit diesseits derjenigen Grenze zu liegen scheint, bei welcher eine völlige Abstumpfung oder Ermüdung des Auges eintritt.«

19. Wir haben bei unserer bisherigen Deduction stets der Einfachheit halber die Voraussetzung gemacht, dass die Scheinbewegung an den ursprünglich bewegten Objecten selber beobachtet werde. Es bleibt uns jetzt noch zu beweisen übrig, dass sich diese Bewegung auch auf andere Gegenstände übertragen lasse.

Es ist §. 14 die besagte Scheinbewegung mittelbar als die Folge eines Schlusses durch unvollständige Induction hingestellt worden, und wir haben gesehen, dass das Wesen dieses Schlusses gerade darin besteht, dass man hierbei vollkommen von der Ursache der beobachteten Erscheinung absieht und nur von den bereits eingetroffenen Fällen auf das Eintreffen der Erscheinung für die nächsten Momente schliesst.

Es besteht nun aber im vorliegenden Falle zwischen den ursprünglich bewegten Objecten und den anderen Gegenständen kein anderer Unterschied, als in Bezug auf die Ursache ihrer Beweglichkeit. Wir könnten es für wahrscheinlicher halten, den einmal als bewegt

aufgefassten Gegenstand deshalb auch ferner für leichter beweglich zu halten als z. B. das Dach eines Hauses, auf welches wir nach beobachteter Bewegung unsere Aufmerksamkeit richten. Indessen man sieht leicht, dass diese grössere oder geringere Wahrscheinlichkeit der Bewegung unserer Netzhautbilder erst durch eine besondere Reflexion über die Ursache jener Bewegung in uns erzeugt werden muss, wozu jedoch nicht eher eine Veranlassung vorliegt, ehe sich nicht wirklich die bereits inducirte Vorstellung einer regressiven Bewegung (§. 11 und §. 15) in uns entwickelt hat, d. h. ehe die besagte Täuschung nicht wirklich stattgefunden hat. Es folgt hieraus: *dass sich die an den ursprünglich bewegten Gegenständen beobachtete Scheinbewegung auf alle Netzhautbilder übertragen müsse, welche sich vor Ablauf einer gewissen, vom Ende der ursprünglichen Bewegung an gerechneten Zeit im Auge vorfinden, was bewiesen werden sollte.*

Dieser Umstand erklärt nun in Rücksicht auf das Frühere mit Leichtigkeit die bekannten PLATEAU'schen Phänomene [1]) an der rotirenden Spirale. Der verschiedene Grad derselben bei verschiedenen Individuen folgt ebenfalls ganz ungezwungen aus der ungleichen Dauer der Elementaroperationen, die höchst wahrscheinlich eine Function des betreffenden Organismus sein wird und über deren Grösse unsere Hypothese durchaus keine bestimmte Beschränkung auferlegt.

20. Durch die zuletzt angestellten Betrachtungen sind wir nun hinlänglich vorbereitet, um uns zur Erklärung derjenigen Bewegung anzuschicken, welche wir nach mehrmaligem schnellen Herumdrehen um uns selbst (mag dies mit verschlossenen oder geöffneten Augen geschehen) noch kurze Zeit an den uns umgebenden Gegenständen zu beobachten glauben.

Als Veranlassung zur Erzeugung der Vorstellungen von Ruhe und Bewegung eines Körpers haben wir bis jetzt nur die Reizung der Netzhaut kennen gelernt, d. h. die Unveränderlichkeit oder Veränderlichkeit der Bilder in unserem Auge. Man sieht indessen leicht, dass die Vorstellung einer Bewegung, (und zwar einer bestimmt ge-

---

1) Vergl. Pogg. Ann. Bd. LXXX, p. 290.

richteten) auch ohne diese Reizung in uns erzeugt werden müsse, sobald wir selber durch unseren Willen continuirlich die Veranlassung dieser Bewegung sind, wie dies z. B. bei der Drehung um uns selbst offenbar der Fall ist.

Wir sind nämlich seit der frühesten Kindheit daran gewöhnt, auf jeden bestimmten Act des Willens, welcher sich auf die Beweglichkeit unseres Körpers bezieht, auch die entsprechende Bewegung desselben mit unsern Augen wahrzunehmen, so dass wir durch diese andauernde und nie getäuschte Uebereinstimmung der gewollten mit der gesehenen Bewegung auch auf das weitere Fortbestehen dieser Uebereinstimmung schliessen und daher unmittelbar mit dem Acte des Wollens die Vorstellung der beabsichtigten Bewegung verknüpfen.

Wir müssen also im vorliegenden Falle auch mit verschlossenen Augen zur Vorstellung sowohl vom Objecte als auch von der Richtung dieser Bewegung gelangen können.

21. Tritt nun plötzlich Ruhe ein, so folgt aus §. 11 und §. 15 zunächst eine pseudoskopische Bewegung des bisher bewegten Objectes nach der entgegengesetzten Richtung und nach §. 19 die Uebertragung dieser Bewegung (in derselben Richtung) auf andere Objecte. Dies stimmt aber mit den oben (§. 8) über diese Bewegung angegebenen Thatsachen vollkommen überein.

Dass der beschriebene Effect wesentlich der gleiche ist, wenn die ursprüngliche Umdrehung mit geöffneten Augen vor sich geht, scheint mir daraus zu folgen, dass zur Erzeugung der Vorstellung von unserer Eigenbewegung die Reflexionsthätigkeit bereits vollkommen in Anspruch genommen ist, so dass diese Vorstellung über diejenige, welche durch Bewegung der Netzhautbilder nach entgegengesetzter Richtung etwa erzeugt werden könnte, gleichsam prädominirt. [1])

Indessen dürfte es nach der bisherigen Entwickelung wahrscheinlicher sein, an Stelle der Gleichzeitigkeit von Vorstellungen im Be-

---

1) Wollte man nämlich nach der PLATEAU'schen Hypothese diese Täuschung nach der Umdrehung mit geöffneten Augen erklären, so müsste die pseudoskopische Bewegung die entgegengesetzte von der durch unsere Umdrehung erzeugten scheinbaren Bewegung sein; dem widerspricht aber die Erfahrung (Vergl. §. 8).

wusstsein eine so schnelle Aufeinanderfolge derselben anzunehmen, dass nur durch diese Schnelligkeit der Eindruck einer scheinbaren Gleichzeitigkeit in uns erzeugt wird. Dann würde sich natürlich von zwei Vorstellungen immer nur diejenige gerade entwickeln können, zu deren Bildung die ursächlichen Bedingungen am günstigsten sind.

22. Hiermit hätten wir nun das Gebiet der bis jetzt bekannten pseudoskopischen Bewegungsphänomene erschöpft und dieselben aus einer, wie ich glaube, sehr einfachen Annahme über den Bildungsprocess unserer Vorstellungen genügend erklärt. Wir wenden uns jetzt mit Hülfe derselben Hypothese zur Erklärung der oben beschriebenen und durch eine Zeichnung veranschaulichten Pseudoskopie. [1])

Nach §. 12 findet zwischen den Vorstellungen der Ruhe und der Bewegung einerseits und den Vorstellungen des Parallelismus und Nichtparallelismus andererseits eine vollkommene Analogie statt. Die Ursache dieser Uebereinstimmung liegt nach unserer Hypothese offenbar darin, dass beide Classen von Vorstellungen durch die Unveränderlichkeit oder Veränderlichkeit eines Abstandes — bei der Ruhe und Bewegung des Abstandes unsers Körpers vom ruhenden oder bewegten Objecte, beim Parallelismus oder Nichtparallelismus des Abstandes homologer Puncte — in uns erzeugt werden, nur mit dem Unterschiede, dass bei der ersten Classe von Vorstellungen dieser Abstand eine Function der Zeit, bei der zweiten Classe die Function einer linearen Raumgrösse ist. Es wird daher auch die Erklärung der betreffenden Pseudoskopie eine im Wesentlichen mit der obigen übereinstimmende sein, so dass die ganze Deduction mit Berücksichtigung der erwähnten Analogie bedeutend abgekürzt werden kann.

23. Betrachten wir zwei Hauptstreifen unserer Zeichnung mit ihren schrägen Querstreifen, so werden wir durch Gegenwart der letzteren zur Anstellung einer grossen Anzahl von Elementarvergleichungen veranlasst, welche stets zu dem Schluss und dadurch

1) Man vergleiche hierbei die von Oppel in seiner Abhandlung (diese Annal. Bd. XCIX, p. 543) erwähnte Vermuthung Neeff's über die Existenz »complementärer Figuren«.

zu der Vorstellung der Convergenz nach einer bestimmten Richtung führen. Wir erwarten daher dasselbe Resultat (§. 13) auch dann, wenn wir vermöge unserer Reflexionsthätigkeit die gegenseitige Lage der Hauptstreifen durch solche Elementarvergleichungen ermitteln wollen. Es erfordert aber nach §. 12 die Vorstellung des Parallelismus eine grössere Zeit zu ihrer Entwickelung als die des Nichtparallelismus, so dass wir die verglichenen Hauptstreifen nicht unmittelbar als parallel sehen können. Dass nun an Stelle der erwarteten Convergenz eine Divergenz eintreten muss, folgt sofort aus §. 15, wenn man die entsprechenden Vorstellungen mit den in Rede stehenden vertauscht, so dass wir uns hier jedes ausführlichen Beweises enthalten können. Ein Unterschied liegt nur darin, dass im vorliegenden Fall die schrägen Querstreifen durch ihre stete Gegenwart unsere Aufmerksamkeit immer wieder von Neuem fesseln, so dass sich der oben angedeutete Process in schneller Aufeinanderfolge immer wiederholen muss, wodurch die pseudoskopische Ablenkung eine permanente wird.

Aus der oben erklärten Analogie beider Arten von Pseudoskopie folgt ferner, dass sich die zuletzt besprochene in aller Strenge auf die erste zurückführen lässt und diese auch die ursprünglichere ist, was sich einfach aus folgender Betrachtung ergiebt.

Wir haben gesehen, dass sich die Vorstellungen von Ruhe und Bewegung durch den constanten oder variablen Abstand zweier Puncte in uns entwickeln. In diesem Falle fällt die Ursache der Constanz oder Veränderlichkeit jenes Abstandes mit der Ursache der Ruhe oder Bewegung des beobachteten Objectes zusammen.

Bei den Vorstellungen des Parallelismus und Nichtparallelismus wird jedoch die erwähnte Constanz oder Veränderlichkeit erst indirect durch eine andere Bewegung erzeugt, nämlich durch das successive Fortrücken der fingirten Linie, welche durch ihre Länge den Abstand je zweier Puncte der verglichenen Linien misst.

24. Wir müssen indessen hier noch auf einen bemerkenswerthen Umstand aufmerksam machen, welcher unter Voraussetzung unserer Hypothese zu einer interessanten Folgerung über die Gleichzeitigkeit von Vorstellungen im Bewusstsein führt.

Es ist schon oben §. 21 bemerkt worden, dass es nach der bisherigen Entwickelung naturgemässer wäre, an Stelle der Gleich-

zeitigkeit von Vorstellungen eine sehr schnelle Aufeinanderfolge derselben anzunehmen. Diese Annahme wird aber bei der zuletzt erwähnten Pseudoskopie durchaus nothwendig, denn offenbar gelten alle unsere Schlüsse nur unter der Voraussetzung, dass sich die besagten Vorstellungen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander entwickeln. Im vorliegenden Falle befindet sich die ganze pseudoskopische Zeichnung mit ihren Längs- und schrägen Querstreifen gleichzeitig auf der Netzhaut des Auges und wir müssen dessenungeachtet eine periodisch, schnell abwechselnde Bildung der besprochenen Vorstellungen annehmen, ohne hiervon die Ursache in dem sinnlich wahrgenommenen Objecte suchen zu können.

25. Es bleibt uns jetzt noch zu erklären übrig, weshalb das Minimum der pseudoskopischen Ablenkung in den oben bezeichneten (§. 3) beiden Lagen stattfindet. Ich glaube, dass dieser Umstand in Folgendem seine Begründung findet.

Ebenso, wie wir gewohnt sind, alle Bewegung und Ruhe auf unseren eigenen Standpunct zu beziehen, so findet etwas ganz ähnliches in Bezug auf die Lagenverhältnisse von Linien statt. Durch die symmetrische Anordnung der Augen zu beiden Seiten einer durch die Längsachse des Körpers bezeichneten Richtung, sind vorzugsweise zwei Lagen, die horizontale und verticale in uns deutlich indicirt, und es wird daher unsere Reflexionsthätigkeit die Lage von anderen Linien vornämlich auf diese beiden Richtungen beziehen. Betrachten wir daher zwei Linien, welche parallel mit der normalen Richtung der Längsachse unseres Körpers, d. h. vertical sind, so wird hierdurch die Vorstellung vom Parallelismus derselben untereinander wesentlich gefördert, so dass es gar nicht einmal nothwendig ist, beide Linien zugleich im Gesichtsfelde unseres Auges zu haben. Wir schliessen dann indirect von dem Parallelismus jeder einzelnen Linie mit unserem Körper (oder eigentlich mit der zur Verbindungslinie der beiden Augen Normalen) auf ihren Parallelismus unter einander, während bei jeder anderen Lage der beiden Linien diese Beziehung offenbar eine bei weitem schwierigere ist. Dasselbe gilt auch von der horizontalen Lage, die mit der normalen Richtung der Verbindungslinie der beiden Augen zusammenfällt.

Die Vorstellung vom Parallelismus der Hauptstreifen, welche in jeder anderen Lage nur durch successive Vergleichung ihres Ab-

standes erlangt werden kann, wird in den bezeichneten Lagen auch noch durch Vergleichungen mit der Lage unseres Kopfes verstärkt, so dass der Fehlschluss, zu dem wir uns durch die Gegenwart der schrägen Querstreifen verleiten liessen, wieder etwas corrigirt wird und dadurch die Hauptstreifen gleichsam an ihrer pseudoskopischen Beweglichkeit verlieren.

Hieraus wird es begreiflich, weshalb in den bezeichneten beiden Lagen die pseudoskopische Ablenkung ihr Minimum erreichen muss.

Schönweide im Juni 1860.«

Es mag nun hier gleich der unveränderte Abdruck eines zweiten Aufsatzes folgen, welchen ich ein Jahr später in POGGENDORFF's Annalen Bd. CXIV, p. 587—591 veröffentlichte; derselbe enthält im Wesentlichen die Beschreibung eines Apparates zur quantitativen Bestimmung der Grösse der pseudoskopischen Ablenkung der parallelen Linien, und die Anwendung dieses Apparates zur Bestimmung der Abhängigkeit dieser Ablenkung von der Grösse des Winkels, unter welchem die Querstreifen die Längsstreifen schneiden. Die am Schlusse angedeuteten Untersuchungen über den Einfluss der Farbe habe ich inzwischen ausgeführt und werde mir erlauben, die Resultate derselben unten mitzutheilen.

Ueber die Abhängigkeit der pseudoskopischen Ablenkung paralleler Linien von dem Neigungswinkel der sie durchschneidenden Querlinien.

Um die Beziehungen zwischen dem pseudoskopischen Ablenkungswinkel der parallelen Streifen in der früher von mir mitgetheilten Figur[1]) und den bereits dort angedeuteten Factoren näher zu untersuchen, habe ich folgende Vorrichtung construirt, deren ausführliche Beschreibung ich einer späteren Abhandlung vorbehalte.

An zwei gegenüberstehenden Seiten eines quadratischen Messingrahmens, welcher 212^{mm} Seitenlänge im Lichten, 12^{mm} Breite und 7^{mm} Dicke hat, laufen diesen Seiten parallel und von gleicher Länge mit denselben zwei Stahlschrauben, deren Gewinde von der Mitte aus nach entgegengesetzten Seiten geschnitten sind. Hierdurch lassen sich mit jeder Schraube gleichzeitig und nach entgegengesetzten

1) POGGENDORFF's Annalen Bd. CX, S. 500.

Richtungen zwei Messingstückchen mikrometrisch verschieben, von denen je zwei an den gegenüberstehenden Quadratseiten durch einen 234^{mm} langen und 5^{mm} breiten Messingstreifen beweglich verbunden sind. Diese beiden Messingstreifen können demnach vermittelst der besagten Schrauben parallel oder um einen beliebigen Winkel gegeneinander geneigt eingestellt werden.

Auf jedem dieser Messingstreifen sind in Abständen von je 23^{mm} 8 kleinere Streifen von 64^{mm} Länge und 5^{mm} Breite derartig angebracht, dass man dieselben um feste Centren in der Ebene der Längsstreifen drehen und ihren jeweiligen Neigungswinkel zu den letzteren bestimmen kann. Die Enden dieser kleinen Streifen sind nicht abgerundet sondern geradlinig, so dass die Form der letzteren die eines länglichen Rechtecks ist.

Der quadratische Rahmen ist an einem Stativ von Holz derartig befestigt, dass man demselben verschiedene Richtungen zum Horizonte geben kann, um auch über die Abhängigkeit der Erscheinung von diesem Umstande durch quantitative Bestimmungen genügenden Aufschluss zu erhalten.

Die Messungen mit dem beschriebenen Apparate wurden einfach in der Weise angestellt, dass der Beobachter aus einer gewissen Entfernung die pseudoskopisch abgelenkten Längsstreifen so lange im entgegengesetzten Sinne dieser Ablenkung verstellte, bis er die Streifen parallel sah. Aus dem gemessenen Abstande der oberen und unteren Drehungspuncte der Längsstreifen wurde alsdann der pseudoskopische Ablenkungswinkel φ nach der Formel:

$$\operatorname{tang} \frac{\varphi}{2} = \frac{d}{2l}$$

berechnet, worin d die Differenz der gemessenen Abstände und l den Abstand der Drehungsmittelpuncte eines Längsstreifens bedeutet. Dieser Abstand beträgt bei der beschriebenen Vorrichtung 234^{mm}.

Bei den Beobachtungen war die Vorrichtung so aufgestellt, dass sich die Längsstreifen mit ihren schrägen Querstreifen auf einer dahinter befindlichen, gleichmässig angestrichenen Wand projicirten, so jedoch, dass die Gleichmässigkeit des Grundes durch den Schatten des Apparates nicht beeinträchtigt wurde. Es kann dies sehr leicht dadurch bewerkstelligt werden, dass man für diesen Zweck eine nicht dem Fenster gegenüberstehende Wand wählt. Noch besser

wird dieser Zweck erreicht, wenn man die Hinterseite des Rahmens mit Papier überspannt und die Vorrichtung alsdann einem Fenster gegenüberstellt.

Die folgende Tabelle enthält nun eine Anzahl solcher Messungen, welche ich bei binocularer Betrachtung an mir selber angestellt habe.

Der zur Ebene des Rahmens verticale Abstand meiner Augen betrug bei allen diesen Messungen etwa 400^{mm}. Ebenso hatte die Vorrichtung stets eine solche Lage, dass die Längsstreifen senkrecht standen.

Ueber jeder Columne ist der Neigungswinkel der stets nach oben convergirenden Querstreifen zu den Längsstreifen angegeben. Der Abstand der oberen Drehungspuncte (also der Mittellinien) der letzteren betrug bei allen Messungen gleichmässig 50^{mm}, so dass man das *d* in der obigen Formel einfach durch Subtraction dieser Zahl von den bis auf Zehntel eines Millimeters in der Tabelle angegebenen Abständen der unteren Drehungspuncte erhält.

Vor jeder Einstellung wurde den Längsstreifen absichtlich eine sehr starke Ablenkung ertheilt und zwar so, dass dieselben abwechselnd einmal nach oben, das andere Mal nach unten convergirten. Es geschah dies deshalb, um einen hieraus möglicher Weise resultirenden constanten Fehler zu eliminiren.

No. der Beobachtung	20°	30°	40°	40°	50°	60°
1.	61,0	65,8	61,5	60,8	56,5	53,2
2.	62,1	64,3	59,3	60,0	55,4	53,8
3.	59,2	64,1	61,3	60,3	56,2	52,7
4.	63,6	67,0	59,5	59,6	56,0	54,0
5.	61,8	64,7	61,0	61,4	55,8	52,2
6.	60,5	66,0	60,5	60,0	56,0	53,3
7.	60,5	65,4	60,8	60,8	56,2	53,1
8.	60,0	65,2	59,6	59,5	56,8	53,3
9.	58,8	66,3	60,9	60,2	55,6	53,0
10.	61,0	67,3	60,0	59,0	56,4	52,0
Mittel	60,85	65,61	60,44	60,16	56,09	53,06

Die beiden Beobachtungsreihen bei dem Neigungswinkel 40° sind an verschiedenen Tagen angestellt und zwar die erstere an einem Nachmittage, die zweite am Vormittage des darauf folgenden Tages. Wie man sieht ist die Uebereinstimmung der erhaltenen Mittelwerthe eine sehr befriedigende.

Nach dem oben Mitgetheilten ergaben sich hieraus für die verschiedenen Neigungen der Querstreifen folgende Werthe der pseudoskopischen Ablenkung (φ):

Neigung =	20°	30°	40°	40°	50°	60°
φ =	2° 40′	3° 50′	2° 34′	2° 30′	1° 30′	0° 46′

Aus diesen Werthen folgt, dass die pseudoskopische Ablenkung für einen bestimmten Neigungswinkel der Querstreifen ein Maximum erreicht

Ich behalte mir vor, demnächst mit Hülfe der beschriebenen Vorrichtung diesen Neigungswinkel, bei welchem für meine Augen das Maximum der Ablenkung eintritt, genauer zu bestimmen.

Dass übrigens die Stärke dieser Ablenkung sehr wesentlich durch die Individualität des Beobachters bedingt wird, habe ich durch einige vorläufige Versuche festzustellen gesucht. Hr. Dr. H. hatte die Güte bei einem Neigungswinkel von 30°, unter vollkommen denselben Bedingungen wie oben, sechs Einstellungen zu machen; als Mittel hieraus ergab sich für den Abstand der unteren Drehungspuncte 59,45 und hieraus die pseudoskopische Ablenkung 2° 15′ während ich bei demselben Neigungswinkel nach dem Obigen den Werth 3° 50′ erhalten hatte. Ausserdem scheint die Farbe der Beleuchtung einen sehr merkwürdigen Einfluss zu haben, worüber ich demnächst Näheres mitzutheilen gedenke.

Schönweide im October 1861.

Den in den vorstehenden Abhandlungen beschriebenen *Erscheinungen* widmet Helmholtz in seiner physiologischen Optik nicht weniger als 8 volle Seiten (p. 564—571) und sucht sie im Wesentlichen durch *Augenbewegungen* zu erklären. Der von mir zur Erklärung jener Täuschung entwickelten *Theorie der unbewussten Schlüsse* gedenkt er dagegen auf p. 571 nur mit den folgenden drei Zeilen:

»Uebrigens hat auch ZÖLLNER bei seiner Beschreibung der Täuschung an dem Muster der Fig. 179 dieselbe auf die Bewegungen des Auges zurückzuführen gesucht.«

Welcher Umstand für Hrn. HELMHOLTZ die Veranlassung zu einem so *gänzlichen Missverstehen* meiner Theorie der unbewussten Verstandesoperationen geworden ist, vermag ich mir nicht zu enträthseln. Denn das Wort »*Augenbewegungen*« kommt in meiner ganzen Abhandlung nirgends als an einer *einzigen* Stelle, und dort nur deshalb vor, um *ausdrücklich* hervorzuheben, dass nach meiner Theorie diese Bewegungen des Augapfels *vollkommen gleichgültig* sind, auf deren Einfluss näher einzugehen, ich gar nicht für nothwendig halte.

Meine hierauf bezüglichen Worte stehen in der obigen Abhandlung am Schlusse des §. 5 und lauten wörtlich folgendermassen:

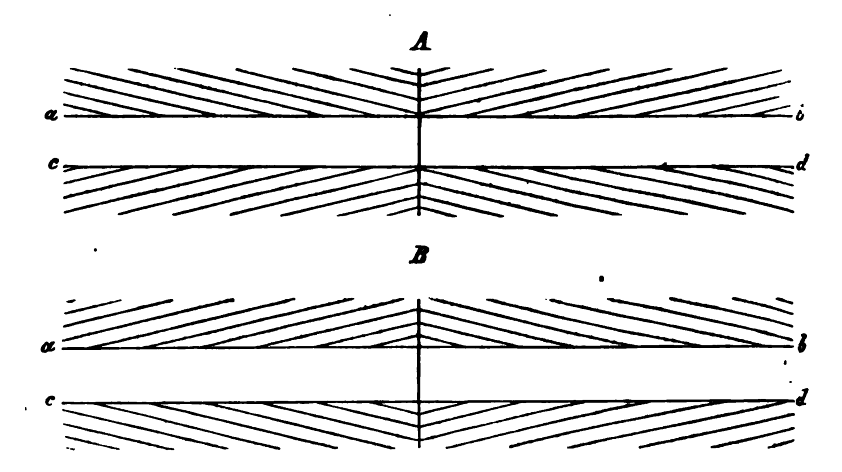
»Ob diese, uns wegen ihrer Schnelligkeit nicht zum Bewusstsein kommenden *Operationen des Verstandes* von entsprechenden Bewegungen des Augapfels begleitet sind, kann hier nicht näher untersucht werden;« . . .

Um die Richtigkeit seiner auf *Augenbewegungen* basirten Theorie zu beweisen, stellt HELMHOLTZ Versuche bei momentaner Beleuchtung durch den electrischen Funken an, indem er die Beschreibung des hierzu besonders construirten Apparates mit folgenden Worten einleitet (l. c. p. 567):

»Die sicherste und leichteste Methode, den Einfluss der Augenbewegungen zu beseitigen, ist die Beleuchtung mittelst des electrischen Funkens, weil während der ausserordentlich kurzen Dauer eines solchen Funkens das Auge keine merkliche Bewegung ausführen kann.«

Es folgt dann die Beschreibung des Apparates, der im Wesentlichen in einem innen geschwärzten Kasten besteht, in welchem der Beobachter durch zwei Löcher hindurchblickend, die gegenüber angebrachte Zeichnung betrachtet. Etwas tiefer als die zu untersuchende Zeichnung war ein Kartenstreifen angebracht, »der auf der dem Funken zugekehrten Seite weiss ist und das Licht desselben vom Auge des Beobachters abhält, dagegen nach der Zeichnung wirft. Die Funken wurden durch die secundäre Spirale eines grossen Inductionsapparates von RUHMKORFF, die mit den Belegen einer Leydener Flasche verbunden war, gegeben. Den Schluss der primären Spirale und deren Unterbrechung brachte der Beobachter mit der Hand hervor.«

Indem nun HELMHOLTZ eine von HERING gegebene Modification meines obigen Musters (phys. Optik Fig. 179), die beistehend reproducirt und in der physiologischen Optik mit Fig. 178 bezeichnet ist, unter dem Einfluss der momentanen electrischen Beleuchtung beobachtete, bemerkt er über die erlangten Resultate Folgendes:



(l. c. p. 567.) »Es fand sich, dass bei electrischer Beleuchtung die Täuschung . . . . bei den Zeichnungen der Fig. 178 ganz schwand, bei 179 nicht immer ganz fehlte, aber, falls sie eintrat, viel schwächer und zweifelhafter war als sonst, während doch andrerseits die Beleuchtung durch den electrischen Funken vollkommen genügend war, um die Formen der gerade gesehenen Gegenstände deutlich zu erkennen.«

Es sei mir hier zunächst die Bemerkung erlaubt, dass bereits im Sommer des Jahres 1860, als ich von dem nahe bei Berlin gelegenen Schönweide nach der Stadt kam und Herrn Professor PAALZOW das obige Muster nebst der auf Tafel IX. (Fig. 1) abgebildeten Modification zeigte, von uns gemeinschaftlich die Figur bei mehrmaligen Entladungen einer Leydener Flasche beobachtet wurde. Das Resultat war insofern dem oben von HELMHOLTZ angeführten *widersprechend*, als PAALZOW und ich selbst durchaus keine merkliche Abnahme oder Veränderung in der Täuschung wahrnahmen. Da aber damals noch von Niemandem die *Bewegungen der Augen* als Ausgangspunct einer Theorie jener Täuschung betrachtet worden

waren, und ich selbst, bei der Leichtigkeit sich durch solche Versuche von ihrer Unrichtigkeit zu überzeugen, kein Gewicht auf eine derartige Bestätigung meiner Erklärung legte, so unterliess ich die Publikation dieser Beobachtungen.

Im October des Jahres 1861 habe ich in der oben abgedruckten Abhandlung in POGGENDORFF's Annalen Bd. CXIV p. 587—591 eine Vorrichtung beschrieben, durch welche man im Stande ist, die Grösse der pseudoskopischen Ablenkung der parallelen Linien zu *messen*. Dieser Apparat ist Taf. IX Fig. 2 abgebildet, und hinsichtlich seines Gebrauches unmittelbar verständlich. Die Messungen wurden einfach in der Weise angestellt, dass der Beobachter aus einer gewissen Entfernung der pseudoskopisch abgelenkten Längsstreifen so lange im entgegengesetzten Sinne dieser Ablenkung verstellte, bis er die Streifen parallel sah. Mit Hülfe dieses Apparates habe ich nun auch bei electrischer Funkenbeleuchtung sowohl an mir selbst als auch an anderen Beobachtern *Messungen* angestellt, deren Resultate ich mir in Folgendem mitzutheilen erlaube.

Der Messingrahmen war mit gewöhnlichem, weissen Schreibpapier bespannt. Dahinter befand sich bei den ersten Versuchen, welche die Herren Dr. KRONECKER und Dr. HÜFNER die Güte hatten, mit mir gemeinschaftlich anzustellen, ein grosser RUHMKORFF'scher Apparat aus der Werkstätte von SIEMENS. Die Funken schlugen mit Anwendung des FOUCAULT'schen Interruptors etwa alle halbe Secunden über und erleuchteten hierdurch, vermöge der Transparenz des Papiers, den Grund auf welchen die beweglichen und geschwärzten Messingstreifen sich projicirten. Der Apparat war so aufgestellt, dass die beiden Linien vertical standen und der Beobachter stets seinen Kopf in gerader und nicht geneigter Stellung hielt. Das Zimmer war während der Funkenbeleuchtung vollkommen verdunkelt. Bei der Beobachtung der Figur unter continuirlicher Beleuchtung wurde eine Gasflamme angezündet, die in geeigneter Weise so aufgestellt war, dass ebenfalls der Papierschirm transparent erleuchtet wurde und mithin jeder Schattenwurf beseitigt war.

Wenn die beiden Indices auf 45^{mm} standen, waren die Linien *objectiv* parallel, *subjectiv* dagegen nach oben divergirend, so dass ihr oberer Abstand verkleinert werden musste, um sie für den Beobachter parallel erscheinen zu lassen. Die Beobachtungen wurden nun theils

von der *objectiv* parallelen Lage ausgehend, theils aber auch von einer übercompensirten (objectiv und subjectiv nach oben convergirenden) Lage ausgehend angestellt. Die Beobachtungen der ersten Gattung sind mit + die der zweiten mit — bezeichnet. Die angeführten Zahlen bedeuten den halben Abstand der beiden *oberen* Indices in Millimetern. Die unteren Indices blieben stets in demselben Abstande.

Hüfner.		Kronecker.		Zöllner.	
Beleuchtung durch		Beleuchtung durch		Beleuchtung durch	
Gas	Funken	Gas	Funken	Gas	Funken
+ 44.0	+ 42.5	+ 43.1	+ 42.0	+ 42.9	+ 43.3
41.3	42.1	43.0	40.9	42.6	42.2
43.2	42.0	43.0	42.0	42.7	42.9
43.1	42.4	— 42.6	— 42.1	— 41.7	— 41.3
43.6		42.9	41.4	41.4	42.1
43.1		42.6	41.9	41.3	41.1
— 42.1	— 42.1				41.2
42.4	42.2				
42.4					
42.1					

Einige Tage später wiederholte ich diese Versuche in Gegenwart meiner Collegen Ludwig und Wiedemann im Laboratorium des letzteren. An Stelle des Ruhmkorff'schen Apparates wurde hier eine Holtz'sche Electrisirmaschine mit eingeschalteter Leydener Flasche benutzt. Die Funken waren beträchtlich lichtstärker und sprangen in bedeutend grösseren Intervallen über. Der Apparat war so aufgestellt, dass die zu beobachtenden Linien horizontal standen. Die von mir selber erhaltenen Resultate sind unter übrigens denselben Bedingungen wie oben, die folgenden:

Beleuchtung durch	
Gas	Funken
+ 41.9	+ 40.5
42.6	40.3
42.8	40.2
— 41.9	— 40.3
42.6	40.4
42.4	40.0

Berechnet man aus den angeführten Zahlen nach der oben gegebenen Formel den mittleren pseudoskopischen Ablenkungswinkel so ergiebt sich Folgendes:

Einfluss der Dauer der Beleuchtung.

	Gas	W. Fehler	Funken	W. Fehler
Hüfner:	1° 1.'7	± 2.'6	1° 22.'3	± 1.'6
Kronecker:	1° 0.'8	± 3.'0	1° 36.'7	± 3.'9
Zöllner:	1° 25.'2	± 1.'3	1° 24.'9	± 3.'4
do.	1° 19.'3	± 3.'1	2° 21.'0	± 1.'4

Ich bemerke hierbei, dass Ludwig, Wiedemann und Andere, welche den Versuchen mit beiwohnten, sämmtlich die Täuschung bei electrischer Beleuchtung *entschieden* und ohne merkliche Veränderung ihrer Intensität auch *unmittelbar* ohne Messungen wahrnahmen.

Aus den mitgetheilten Zahlen ergiebt sich demnach, *dass bei der momentanen Beleuchtung durch den electrischen Funken die Stärke der Täuschung nicht nur nicht schwächer sondern im Allgemeinen beträchtlich stärker wird.* Dieses Ergebniss *messender* Beobachtung steht demnach im directen Widerspruch mit der von Helmholtz ausgesprochenen Behauptung, die Täuschung sei »falls sie eintrat, viel schwächer und zweifelhafter« gewesen als sonst, so dass diesen Beobachtungen von Helmholtz, wie mir scheint, jedenfalls nur ein *subjectiver* Werth beigelegt werden darf. Unwiderruflich aber wird jede auf *Augenbewegungen* basirte Erklärung jener Täuschung durch die mitgetheilten Versuche widerlegt.

Helmholtz führt aber noch eine andere Beobachtung an, welche nach seiner Meinung die Mitwirkung von Augenbewegungen beim Zustandekommen jener Täuschungen beweisen soll. Er bemerkt nämlich (l. c. p. 566) Folgendes:

> »Die genannten Täuschungen schwinden nämlich ganz, oder bleiben nur in schwachen Resten bestehen, wenn ich einen Punct der Zeichnungen so fixire, wie es nöthig sein würde, um ein Nachbild zu entwickeln, ...«

Dass die mit einer solchen Fixation eines bestimmten Punctes verknüpfte *Ruhe des Auges* nicht die Ursache für das Verschwinden der Täuschung sein kann, folgt aus dem Obigen. Es bleibt also nichts anderes übrig, als die *auf jenen Punct concentrirte und hier-*

durch von andern Puncten abgelenkte Aufmerksamkeit, welche, von der entsprechenden Intention des Willens begleitet, der erforderlichen Augenstellung *vorangehen* muss, als die Ursache für die von HELMHOLTZ angeführte Thatsache zu betrachten. Da nun aber nach meiner Theorie, alle unsere Urtheile über Lagenverhältnisse von Linien oder Puncten, nur dadurch erst zu Stande kommen können, dass wir die Abstandsverhältnisse der einzelnen räumlichen Elemente durch schnell auf einanderfolgende Vergleichungen (*welche natürlich unsere Aufmerksamkeit in ganz bestimmter Weise in Anspruch nehmen*), empirisch feststellen müssen, so ist klar, dass diese *Verstandesoperationen* dann nicht zur Entwickelung kommen können, wenn sie auf die Fixation eines bestimmten Punctes concentrirt sind. Man kann sich hiervon auch sehr leicht überzeugen, wenn man auf einer gedruckten Seite einen bestimmten Buchstaben fixirt und auf diese Weise die übrigen Worte im indirecten Sehfelde hat. Man erhält dann allenfalls noch die Vorstellung von der *Richtung* der Wortreihen, und der *Länge* der Worte, aber sie zu *lesen,* d. h. durch Analogieschlüsse die darin enthaltenen Buchstaben als Symbole eines bestimmten Begriffes aufzufassen, ist *mir* wenigstens nicht möglich. Dieselben unbewussten Verstandesoperationen aber, welche uns hier auf Grund von Analogieschlüssen den begrifflichen Inhalt gewisser Zeichen liefern, geben uns bei der Wahrnehmung von Figuren einen Aufschluss über den begrifflichen Inhalt der räumlichen Beziehungen ihrer Bestandtheile.

Die fragliche Täuschung entsteht nach meiner Theorie nur durch eine Verschiedenheit der Zeiten, welche jene unbewussten Verstandesoperationen bedürfen, um beziehungsweise zu dem Urtheile des Parallelismus oder Nichtparallelismus der Längs- und Querlinien zu kommen. Wird daher das Zustandekommen oder die Entwickelung dieser Operationen durch willkürliche Fixation eines Punctes verhindert, so muss selbstverständlich auch das durch sie bedingte Resultat, d. i. im vorliegenden Falle die Täuschung fortfallen.

Die Augenbewegungen *begleiten* beim Sehen unter normalen Verhältnissen *reflectorisch* den Process der succesiven auf andere Puncte [...]ufmerksamkeit, ähnlich wie ich meinen Arm nach einem [...]cke, auf den ich *zuvor* meine Aufmerksamkeit

gerichtet habe. Bin ich durch irgend welche Umstände verhindert, diese Bewegung des Armes auszuführen, so kann ich doch noch immer meine Aufmerksamkeit wie vorher auf Gegenstände richten, nach denen ich bei Abwesenheit des Hindernisses greifen würde. Ganz in derselben Weise trenne ich in meiner Theorie die Augenbewegungen von dem Aufmerksamkeits-Processe. Nur der letztere ist es, dessen ich zu meiner Erklärung bedarf.

Man kann sich von der Trennung dieser beiden Vorgänge auch sehr leicht an einem Nachbilde überzeugen, welches trotz seiner constanten Lage auf der Netzhaut und des dadurch eliminirten Einflusses der Augenbewegungen, in allen seinen Einzelheiten willkürlich, vermöge der successiv auf sie gerichteten Aufmerksamkeit, durchwandert werden kann.

Aus unten näher anzuführenden Versuchen, halte ich es aber für möglich, wenn nicht wahrscheinlich, dass parallel mit diesem psychischen Process stets an derjenigen Stelle der Retina, auf welche die Aufmerksamkeit gerichtet ist, eine Steigerung der Erregbarkeit eintritt, so dass mit dem Fortwandern der Aufmerksamkeit über verschiedene Theile eines Nachbildes gleichzeitig ein solches Fortwandern des Maximums der Erregbarkeit stattfindet. Ich erinnere mich augenblicklich nicht, ob für eine derartige Annahme auf anderen Gebieten der Sinnesempfindungen Analogien anzutreffen sind; dieselbe scheint mir jedoch physiologisch keine unzulässige zu sein.[1])

Es würde hierdurch die Schnelligkeit jener unbewussten psychischen Processe nicht nur von den Eigenschaften des *Centralorganes*, sondern gleichzeitig auch von denjenigen der percipirenden *Endorgane*, d. h. der *Nervenfasern der Retina* abhängen, ähnlich, wie die Schnelligkeit der Fingerbewegungen beim Clavierspiel nicht nur von der Perception der vorliegenden Noten *im Gehirn*, sondern auch von der Gelenkigkeit und *Beweglichkeit der Finger* abhängt.

Sind die Nervenfasern der Retina nach der YOUNG'schen Theorie von dreifacher Art, so wird auch das oben erwähnte Fortwandern

---

1) Von zuverlässiger Seite ist mir mitgetheilt worden, dass junge Aerzte, wenn sie ihre Aufmerksamkeit auf den Gang und die Schnelligkeit des Herzschlages richten, derselbe hierdurch beträchtlich beschleunigt wird.

oder Auftreten des Maximums der Erregbarkeit in jeder Classe dieser Nervenfasern mit einer verschiedenen Geschwindigkeit stattfinden können, so dass auch hierdurch die Zahl der in gleichen Zeiten vollzogenen Elementarvergleichungen bedingt sein wird.

Aus §. 17 der vorstehenden Abhandlung ergiebt sich, dass die Stärke der optischen Täuschung, d. h. die Grösse des pseudoskopischen Ablenkungswinkels, innerhalb gewisser Grenzen, mit der Anzahl der in der Zeiteinheit ausgeführten Elementarvergleichungen im Allgemeinen sich ändern muss, und zwar so, dass beim Wachsen jener Zahl, d. h. bei grösserer Schnelligkeit der unbewussten Verstandesoperationen, eine *Vergrösserung*, beim Abnehmen dagegen eine *Verminderung* der Täuschung eintreten muss. Alle Umstände, welche daher jene Operationen beschleunigen, werden in der angedeuteten Weise eine Aenderung in der Stärke der Täuschung hervorrufen müssen.

Obschon die Anzahl der bis jetzt unter möglichst gleichen Umständen von mir ausgeführten Messungen an verschiedenen Individuen noch keine genügende ist, um mit Sicherheit hieraus statistische Resultate abzuleiten, so glaube ich doch bereits gegenwärtig schon mit einiger Sicherheit behaupten zu dürfen, dass die Stärke der Täuschung *durchschnittlich* beim weiblichen Geschlechte grösser als beim männlichen, ebenso bei jugendlichen und lebhaften Naturen grösser als bei alten und phlegmatischen ist. Schon seit Jahren knüpfe ich hieran scherzweise die Bemerkung, man könne mit dem beschriebenen Apparate experimentell den Satz beweisen, dass das schöne Geschlecht und die Jugend im Allgemeinen mehr als die Männer und das Alter zu Illusionen disponirt sind.

Mit gehöriger Berücksichtigung des Bemerkten glaube ich nun die *Verstärkung* der Täuschung bei der momentanen Beleuchtung durch den electrischen Funken dadurch erklären zu können, dass ich annehme, es werde die Schnelligkeit der zur Bildung einer bestimmten räumlichen Vorstellung erforderlichen, unbewussten Verstandesoperationen vergrössert, wenn dem Verstande zur Lösung seiner Aufgabe nur eine knapp zugemessene Zeit zur Verfügung gestellt wird. Man fühlt auch in der That bei Anstellung der Versuche, wie ausserordentlich die Aufmerksamkeit gesteigert und gleichsam erwartungsvoll auf den Moment des electrischen Blitzes concentrirt

ist, um während dieser kurzen Zeit der Beobachtung aus den gegebenen Daten ein bestimmtes Urtheil über die Lagenverhältnisse der Linien zu gewinnen. Wenn man nun erwägt, dass die Dauer des Nachbildes auf der Netzhaut doch höchstens nur Bruchtheile einer Secunde betragen konnte,[1] so erhält man einen Begriff von der ungemeinen Schnelligkeit, mit welcher die einzelnen Elementaroperationen (Vergleichungen) der unbewussten Verstandesthätigkeit in uns von Statten gehen.

Es bedarf übrigens kaum der Erwähnung, dass wir auch im Gebiete der *bewussten* Verstandesoperationen ganz analoge Verhältnisse beobachten. Wird uns z. B. zum Lesen oder zur Reproduction des Inhaltes eines bestimmten Satzes nur eine bestimmte Frist gestellt, so werden wir uns stets mit Berücksichtigung derselben zu beeilen suchen, die gestellte Aufgabe zu lösen, und dadurch die Schnelligkeit der hierzu erforderlichen Verstandesoperationen beschleunigen.

Muss also nach der gegebenen Erklärung die Ursache für die *Vergrösserung der Täuschung* bei momentan-electrischer Beleuchtung im *Centralorgane* gesucht werden, so glaube ich, zur Erklärung des höchst merkwürdigen Einflusses der Farbe, die Ursache im percipirenden *Endorgane*, d. h. in den lichtempfindenden Fasern der Netzhaut suchen zu müssen.

Ich habe nämlich gefunden, dass im rothen Lichte des gewöhnlich im Handel vorkommenden rothen Glases die Täuschung entschieden geringer ist als bei Tagesbeleuchtung.

Viele sehen schon ohne jede Messung, wenn sie die Figur 1 Taf. IX abwechselnd mit vom rothen Glase bedeckten und unbedeckten Auge betrachten, den Unterschied der Täuschung. Die Stärke desselben scheint jedoch an verschiedenen Tagen, je nach der Beleuchtung, verschieden zu sein, was vielleicht mit der von Brücke und seinen Schülern beobachteten Verschiedenheit der chromatischen Zusammensetzung des Tageslichtes zusammenhängt.

Dass die Veränderung der Täuschung nicht durch die Intensität der Beleuchtung erzeugt wurde, konnte leicht durch gleichzeitige Beobachtungen mit Hülfe eines sehr dunklen grauen Rauchglases constatirt werden.

---

1) Helmholtz, Physiologische Optik. p. 344 ff.

Ich erlaube mir hier zunächst einige Beobachtungsreihen mitzutheilen, bei denen mich die Herren Prof. MAYER, Dr. R. ENGELMANN, Dr. HÜFNER und E. KRÄMER freundlichst unterstützten.

Die Einstellungen geschahen ganz in derselben Weise wie oben. Die langen Linien wurden stets horizontal gestellt und befanden sich in demselben Abstande wie früher.

	ENGELMANN.			ZÖLLNER.	
Unbedeckt.	Rothes Glas.	Graues Glas.	Unbedeckt.	Rothes Glas.	Graues Glas.
+ 43.6	+ 44.1	+ 44.0	+ 43.0	+ 43.9	+ 43.3
44.0	44.4	43.8	43.3	43.9	43.5
43.5	44.7	43.8	42.8	44.0	43.2
Mittel: 43.70	44.40	43.87	43.03	43.93	43.33

	HÜFNER. Bei Lampenlicht.		KRÄMER.	
	Grünes Glas.	Rothes Glas.	Unbedeckt.	Rothes Glas.
	+ 42.1	+ 43.6	+ 42.8	+ 44.1
	42.0	43.7	43.0	44.1
	41.8	43.7	43.4	44.2
	42.5	44.0	— 42.2	— 42.8
	42.3	43.8	41.6	42.3
	42.6	43.9	42.2	42.6
Mittel:	42.22	43.78	42.53	43.35

Herr Prof. MAYER beobachtete die Figur 1 Taf. IX abwechselnd durch ein rothes Glas und mit freiem Auge und constatirte hierbei mit Entschiedenheit, dass ihm bei Anwendung des rothen Glases die Ablenkung geringer als bei der Betrachtung mit freiem Auge erscheine. Flüchtig angestellte Messungen ergaben ein weniger entscheidendes Resultat als die oben mitgetheilten.

Es ist bei diesen Versuchen wesentlich, dass das Auge nicht ermüdet sei und sich in solcher Entfernung vom Apparate befinde, dass bei möglichst grosser Schärfe der Wahrnehmung, die ganze Figur bequem übersehen werden kann. Bei den Dimensionen des von mir angewandten Instrumentes betrug etwa diese Entfernung 0.5—0.8 Meter.

Berechnet man aus den obigen Messungen die Grösse der pseu-

doskopischen Ablenkungen für die verschiedene Beleuchtung, so ergiebt sich Folgendes:

Einfluss der Farbe der Beleuchtung.

	Weiss	Roth	Grau	Grün
ENGELMANN	0° 38.′2	0° 17.′6	0° 33.′2	—
HÜFNER	—	0° 35.′9	—	1° 21.′7
KRÄMER	1° 13.′6	0° 48.′5	—	—
ZÖLLNER	0° 47.′9	0° 32.′3	0° 48.′1	—

Da der wahrscheinliche Fehler dieser Werthe höchstens 3′ beträgt so ergiebt sich entschieden eine *geringere Ablenkung für die Beobachtungen bei rothem Licht.* Mit dem Prisma untersucht verschluckt das Glas ziemlich vollständig alle Strahlen bis zur Linie *D* vom blauen Ende des Spectrums an gerechnet.

Macht man daher mit Rücksicht auf das oben Bemerkte die Annahme, dass die roth empfindenden Nervenfasern der Retina gleichsam träger als die andern bei Veränderungen der Reizbarkeit den unbewussten Verstandesoperationen gegenüber sich verhalten, so würde hierdurch die Zahl der in der Zeiteinheit vollendeten Elementaroperationen herabgesetzt und dadurch die Täuschung vermindert werden müssen. [1])

In §. 3 der ersten meiner beiden oben abgedruckten Abhand-

1) Dass ein derartiger Unterschied der drei YOUNG'schen Nerven-Gattungen gegenüber den objectiven Erregungen durch Licht stattfindet, dafür spricht einerseits die von HELMHOLTZ erwiesene Thatsache, dass die Empfindungsstärke für verschiedenfarbiges Licht eine verschiedene Function der Lichtstärke ist, (Physiol. Optik p. 318) andrerseits einige beim Santonrausche beobachtete Erscheinungen. (Vgl. ROSE, VIRCHOWS Archiv, XIX, p. 534.) Ebenso bemerkt HÜFNER in seiner Abhandlung:

»*Versuch einer Erklärung der im Santonrausche beobachteten Erscheinung von partieller Farbenblindheit im Sinne der Young'schen Theorie*« (GRAEFE's Archiv XIII p. 309 ff.) Folgendes:

»Es ist klar, dass noch ein drittes Moment hinzutreten kann, um die Grösse der Resonanz der Retina und die Gestalt der Helligkeitscurve des Spectrums zu bestimmen. Das ist eine verschiedene Empfindlichkeit der hypothetischen drei Fasergattungen selbst. Wie dickere Stäbe, wie Stimmgabeln schwerer zum Mittönen zu bringen sind, als dünne Saiten, so liesse sich

lungen habe ich noch auf eine zweite Täuschung an dem Originalmuster aufmerksam gemacht, nämlich auf die Nonius-artige Verschiebung der zu beiden Seiten der Längsstreifen befindlichen Hälften der Querstreifen. Gerade diese Verschiebung ist von allen denjenigen, welche sich mit der Erklärung der pseudoskopischen Ablenkung beschäftigt haben, gleichsam als Fundamentalphänomen betrachtet worden, indem man eine scheinbare Vergrösserung des spitzen Winkels als Ursache dieser Verschiebung annahm. Nach HELMHOLTZ sollte dies durch eine Art Contrastwirkung bedingt sein (l. c. p. 568).

Ich glaube gegenwärtig den wirklichen Grund in dem *Astygmatismus* der Augen gefunden zu haben. Betrachtet man nämlich das obige Muster durch eine Cylinderlinse von etwa 7—8 Zoll Brennweite, so kann man ganz nach Belieben diese Verschiebung bald bei den Querstreifen des einen, bald bei denen des andern Systems hervorrufen. Es zeigt sich, dass stets die durch das Uebergreifen der elliptischen Zerstreuungskreise undeutlich (grau) erscheinenden Querstreifen am stärksten verschoben sind. Gleichzeitig erkennt man hierbei aber auch so zu sagen unmittelbar den Grund. Die spitzen Winkel werden nämlich theilweis mit Schwärze ausgefüllt. Wenn man dies wirklich etwa mit Tusche oder Blei thut, so tritt auch sofort dieselbe Täuschung ein, obschon wegen der Gleichmässigkeit der Dunkelheit, nicht in dem Grade wie mit der Linse. Mit Anwendung der Cylinderlinse bilden sich dagegen gleichsam dunkle Brücken, welche stets zwei nicht zusammengehörige Hälften der Querstreifen miteinander verbinden.

HELMHOLTZ macht (l. c. p. 565) auch auf die Wirkung aufmerksam, welche die Zerstreuungskreise im *Allgemeinen* (nicht die astygmatischen) in dem angedeuteten Sinne erzeugen können, indessen er schreibt diesem Einflusse nur eine untergeordnete Bedeutung zu, so dass er gleichfalls, wie alle übrigen Interpreten der Täuschung, die Vergrösserung der spitzen Winkel als das Fundamentalphänomen betrachtet und dieses ausser den nach seiner Theorie erforderlichen Augenbewegungen zur Erklärung der Täuschung zu Hülfe nehmen muss.

denken, dass auch die Molecüle der roth empfindenden Apparate der Zumuthung mitzuschwingen grössere Widerstände entgegensetzen, als diejenigen der beiden anders empfindenden Apparate.«

Um nun aber auch die Richtigkeit meiner Theorie der pseudoskopischen Ablenkung der Längsstreifen unabhängig von jeder Hypothese unmittelbar durch den Versuch zu veranschaulichen, habe ich den auf Taf. X. abgebildeten Apparat construirt, dessen Bedeutung und Handhabung sofort aus der Zeichnung ersichtlich ist. Das auf einem Papierstreifen ohne Ende befindliche Muster kann durch Drehen an der Kurbel hinter dem Spalt vorübergezogen werden. Der Beobachter sieht alsdann stets 4 schwarze Puncte oder Linienstücke innerhalb der Spaltöffnung, von denen zwei in constantem Abstande bleiben (den parallelen Linien entsprechend), die beiden andern aber, je nach der Richtung der Bewegung des Streifens, bald von aussen nach innen, bald umgekehrt, über die beiden ruhenden Puncte hinwegwandern.

Nach den unmittelbar durch die Versuche von PLATEAU und OPPEL bewiesenen Thatsachen der Scheinbewegung, würde folgen, dass bei längerer Betrachtung der stets in gleichem Sinne bewegten Puncte bei plötzlichem Stillstande derselben, eine regressive Scheinbewegung eintreten müsste. Diese Puncte würden sich daher gerade so verhalten wie die im Spalte sichtbaren Stücke zweier Linien, welche bei Bewegung des Streifens nach der entgegengesetzten Seite etwas convergiren. Meine ganze Hypothese besteht nun in nichts Anderem als in der Annahme, dass wir auch bei Abwesenheit des Schirmes mit dem Spalte, fortdauernd solche Abstandsvergleichungen von einander gegenüberliegenden Puncten machen, aus denen wir uns ein Vorstellungsbild von solcher Lebhaftigkeit erzeugen, dass dasselbe auch als ein in allen seinen Theilen *gleichzeitig* entstandenes von uns aufgefasst wird.

Dass man es hier nicht mit Nachbildern zu thun hat, davon kann man sich leicht dadurch überzeugen, dass auch bei ganz langsamer Bewegung, bei welcher von einer Dauer des Lichteindruckes nicht mehr die Rede ist, eine ganz deutliche Vorstellung von der Beschaffenheit der hinter dem Spalte bewegten Figur in uns erzeugt wird. Vollkommen der entwickelten Theorie entsprechend verändern auch die kleinen Querlinien ihre Richtung zu dem Hauptstreifen, je nachdem die Schnelligkeit der Bewegung eine grössere oder geringere ist.

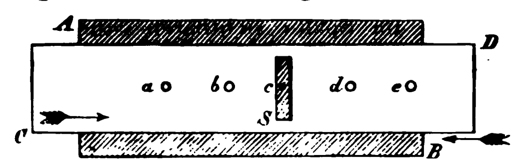
Dies waren die Untersuchungen durch welche ich bereits im

Jahre 1862 in der Lage war, die Richtigkeit meiner Theorie zu beweisen und vor allem zu veranschaulichen. Ich wurde hierbei zu einer neuen Gattung von Zerrbildern geführt, die in POGGENDORFF's Annalen Bd. CXVII p. 477—484 beschrieben sind. Ich erlaube mir diese Abhandlung hier ebenfalls zu reproduciren.

Ueber eine neue Art anorthoskopischer Zerrbilder.

Unter dem Namen des Anorthoskops hat PLATEAU [1]) eine Vorrichtung beschrieben, welche im Wesentlichen darin besteht, dass ein auf einer rotirenden Scheibe befindliches und nach der Rotationsrichtung hin verzerrtes Bild dadurch wieder proportionirt gesehen wird, dass man gleichzeitig vor diesem Bilde eine andere mit einer oder mehreren Spalten versehene Scheibe nach der entgegengesetzten Richtung hin rotiren lässt.

Es beruhen diese Erscheinungen wie bekannt auf der Dauer des Lichteindrucks im Auge und der folgende einfache Versuch reicht vollkommen hin, sich von den wesentlichsten der hierbei auftretenden Erscheinungen Rechenschaft zu geben.



Es mögen sich auf einem Streifen Papier AB eine Reihe gleich weit abstehender Puncte $a\ b\ c\ d$ befinden. Dicht über diesem Streifen werde ein anderer Streif CD mit einem Spalt S im Sinne des Pfeiles hin und her verschoben. Setzen wir zunächst voraus, es verändere der darunter liegende Streif AB nicht seine Lage, so wird man bei der angedeuteten Bewegungsrichtung des Spaltes die einzelnen Puncte der Reihe nach von a bis e erblicken.

Ist hierbei die Bewegung des Spaltes eine so grosse, dass die Zeit, welche er gebraucht, um von a bis e zu gelangen kleiner ist als die Dauer des momentanen Lichteindrucks eines dieser Puncte, so wird man dieselben nicht mehr *nacheinander*, sondern gleichzeitig *nebeneinander* erblicken müssen.

1) Bull. de l'Acad. de Bruxelles III. p. 7 und 364. Pogg. Ann. Bd. XXXVII. p. 464. Vergl. auch HELMHOLTZ, Physiologische Optik p. 352.

Befindet sich hierbei, wie vorausgesetzt wurde, der Streifen mit den Puncten in Ruhe, so erblickt man durch den bewegten Spalt die Puncte in ihrem wirklichen Abstande. Anders verhält es sich aber bei gleichzeitiger Bewegung der Puncte nach entgegengesetzter Richtung. Man sieht alsdann, je nach der Grösse dieser Bewegung die Puncte näher zusammenrücken.

Auf diesem Zusammenrücken der Puncte beruhen nun alle Erscheinungen des PLATEAU'schen Anorthoskops und ähnlicher Vorrichtungen; es mag mir daher gestattet sein, auf diese Fundamentalerscheinung mit wenigen Worten etwas näher einzugehen, um ihren Unterschied von den später anzuführenden Erscheinungen deutlicher hervortreten zu lassen.

Angenommen es habe der Spalt zu einer bestimmten Zeit mit dem Puncte c coincidirt, so dass man momentan hierdurch jenen Punct erblickte. Während sich nun der Spalt mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Grösse x von jenem Coincidenzpunct ausgerechnet weiter bewegt hat, begegnet er hier dem Puncte d und es wird abermals ein momentaner Lichteindruck auf der Retina hervorgebracht. Denken wir uns die beiden Puncte, an denen diese Coincidenzen stattfinden, auf eine zu der Bewegungsrichtung parallelen Ebene projicirt, so ist der Abstand dieser Puncte gleich dem Wege, welchen der Spalt in der Zwischenzeit zurückgelegt hat, daher gleich x. Ist nun d die constante Entfernung zweier Puncte auf dem Papierstreifen, c die Geschwindigkeit, mit welcher sich derselbe bewegt und c' die Geschwindigkeit des Spaltes nach der entgegengesetzten Richtung, so hat man die Gleichung

$$\frac{x}{d-x} = \frac{c}{c'}$$

also

$$x = \frac{cd}{c+c'}.$$

Setzen wir an Stelle der oben erwähnten Projectionsebene die Netzhaut des Auges, so begreift man, wie ein Bild enstehen muss, in welchem die Puncte auf dem bewegten Streifen Papier näher zusammengerückt erscheinen. Ob man diese Puncte gleichzeitig oder nacheinander erblickt, wird ganz von der Geschwindigkeit des bewegten Spaltes abhängen.

Bewegt man an Stelle der Puncte Figuren hinter dem Spalt z. B. ein Quadrat oder einen Kreis etc., so erscheinen diese in der Richtung der Bewegung zusammengedrückt oder verkürzt. Also der Kreis als eine Ellipse, das Quadrat, je nach der Bewegungsrichtung bald als ein Rechteck bald als ein Rhombus. Alle diese Erscheinungen lassen sich einfach aus dem oben ausführlich besprochenen Versuche mit den Puncten ableiten und beruhen, wie wir gesehen haben, auf der Dauer des Lichteindrucks im Auge. Man könnte daher auch die entstehenden Zerrbilder mit Hülfe einer Camera obscura photographiren, wobei natürlich die Schärfe der Contouren wesentlich durch die Feinheit des Spaltes bedingt würde.

2. Ich habe nun gefunden, dass ähnliche Verzerrungen wie die oben erwähnten auch bei Verschiebung der Figuren hinter einem *ruhenden* Spalte eintreten, und man sieht sogleich, dass alsdann bei ebenfalls ruhendem Auge die Erklärung dieser Erscheinungen nicht aus der Dauer des Lichteindruckes abgeleitet werden kann. Denn, bewegt man unter diesen Bedingungen irgend eine Figur hinter dem Spalte, so verschieben sich in der Richtung desselben zwei oder mehrere Puncte (oder Linienstücke), welche als solche im ruhenden Auge nur den Eindruck einer Linie von der Form des Spaltes zurücklassen können. Nichtsdestoweniger sieht man deutlich das Zerrbild ganz wie in den vorherbesprochenen Versuchen.

Nimmt man indessen hierbei Bewegungen des Augapfels an, welche denen der hinter dem Spalt bewegten Figur gleichgerichtet, aber langsamer als diese sind, so kommt dasselbe Erklärungsprincip wie für die oben besprochenen Erscheinungen in Anwendung, indem jetzt durch die Bewegung der Netzhaut successiv verschiedene Stellen derselben den Lichteindruck von je zwei ungleich weit entfernten Puncten der bewegten Figur aufnehmen. Durch die Dauer der hierdurch nacheinander entstehenden Lichteindrücke wird ebenfalls eine Figur gebildet, welche in der Richtung der Bewegung zusammengedrückt erscheint. Die Stärke der Verzerrung muss alsdann von der Grösse der supponirten Augenbewegung abhängen, und zwar im umgekehrten Verhältniss zu derselben stehen.

Ehe ich auf diese Erklärung, welche ich einer gütigen, schriftlichen Mittheilung des Hrn. Prof. Helmholtz verdanke, näher eingehe, will ich zunächst die hier einschlagenden Versuche mit der

Ausführlichkeit beschreiben, welche einen Jeden in den Stand setzt, dieselben ohne Mühe sofort anzustellen.

Man schneide in etwas steifes dunkles Papier einen Spalt von ungefähr 2 Millimeter Breite und 40 Millimeter Länge. Alsdann zeichne man auf weissem, ebenfalls etwas steifem Papiere mit tief schwarzen und breiten Contouren einfache Figuren, am besten einen Kreis oder ein Quadrat, und schiebe dann diese Figuren, dicht an dem Spalt anliegend, hinter demselben und senkrecht zu ihm ziemlich schnell hin und her. Bewegt man anfangs den Spalt gleichzeitig nach der entgegengesetzten Richtung, so erblickt man die oben zuerst beschriebenen und erklärten Verzerrungen. Hält man dann den Spalt ruhig und bewegt nur die Figuren hinter demselben in der angedeuteten Weise hin und her, so sieht man dessenungeachtet immer noch die Zerrbilder, und zwar bei einer gewissen Grösse der Bewegung eine Verkürzung der Dimensionen im Sinne der Bewegungsrichtung.

Eine Verzerrung im entgegengesetzten Sinne tritt jedoch ein, wenn man die Figur (am besten den Kreis) *langsam* hinter dem Spalt hin und her schiebt. Allerdings sieht man dann nicht, wie früher, die Contouren *gleichzeitig*, sondern man gelangt durch die successive im Spalt erblickten Theile des Kreises zu dem Schluss, es bewege sich hinter dem Spalt eine lang gestreckte Ellipse, deren grosse Achse parallel der Bewegungsrichtung liegt. Auf diese Art der Verzerrungen bei langsamer Bewegung der Figur, hatte Hr. Prof. Helmholtz die Güte meine Aufmerksamkeit gelegentlich einer Mittheilung zu lenken, welche ich ihm über die Verzerrungen der Bilder bei ruhendem Spalte und schneller Bewegung der Figuren machte.

Dass die Erklärung gerade dieser zuletzt erwähnten Gattung von Zerrbildern eine rein psychologische sein muss, leuchtet ohne weitere Betrachtung ein. Wir sehen z. B. bei einem Kreise, welcher hinter dem Spalt hin und her geschoben wird, nichts weiter als zwei Stückchen des Kreisumfanges, welche sich bald schneller, bald langsamer nähern oder entfernen; indem wir nun die Grösse der Verschiebung überschätzen, schliessen wir auf eine Ellipse, welche sich hinter dem Spalte bewegt.

Woher aber diese Ueberschätzung kommt und welche Bedeutung ge Geschwindigkeit habe, bei der wir auf eine Figur schliessen,

welche mit der hinter dem Spalt bewegten wirklich übereinstimmt, dies bleibt noch zu erklären übrig.

Weniger evident ist das Erklärungsprincip für die Zerrbilder bei ruhendem Spalt und *schneller* Bewegung der Figur.

Setzt man hierbei keine Augenbewegungen von der oben angedeuteten Art voraus, so bliebe ebenfalls nur das psychologische Erklärungsprincip übrig, indem alsdann auf der Netzhaut durch die bewegten Puncte lediglich die Spur einer geraden Linie von der Form des Spaltes zurückbleiben könnte, und daher das Netzhautbild wesentlich von dem dadurch erzeugten Vorstellungsbilde abweichen würde. Es wird sich also darum handeln, zu untersuchen, ob die besagten Augenbewegungen in der That stattfinden, und zum Zustandekommen der Zerrbilder bei ruhendem Spalt und schneller Bewegung der Figur nothwendig erforderlich sind.

Folgende Umstände scheinen entschieden für die Existenz der Augenbewegungen zu sprechen.

a. Die meisten Personen sehen die Verzerrungen dann erst deutlich eintreten, wenn man anfangs Spalt und Bild gleichzeitig, aber nach entgegengesetzten Richtungen, bewegt. Hat man hierdurch erst eine bestimmte Vorstellung von dem Zerrbilde erlangt, so kann man alsdann auch den Spalt ruhen lassen und nur die Figur bewegen, ohne hierdurch den Effect zu stören. Gleichzeitig ist man sich dann aber auch ganz bestimmter Augenbewegungen bewusst, welche in gleichem Sinne der Bewegung der Figur ausgeführt werden. Diese Bewegungen des Augapfels kann man auch leicht durch einen zweiten Beobachter constatiren lassen.

b. Betrachtet man bei gleichbleibender Geschwindigkeit der Verschiebung die Zerrbilder aus verschiedenen Entfernungen, so findet man, dass im Allgemeinen die Verzerrungen in grosser Nähe stärker sind als in der Entfernung. Je kleiner nämlich die Oscillationen der Augenachsen im Vergleich zur Grösse der scheinbaren Verschiebung sind, desto grösser muss auch die Verzerrung sein. Daher werden beim Betrachten aus grosser Entfernung kleinere Oscillationen des Auges erforderlich sein, um denselben Grad der Verzerrung wie bei grosser Nähe zu erzeugen.

c. Führt man während der Betrachtung der Zerrbilder will-

kürliche Bewegungen des Kopfes aus, so sieht man hierdurch Aenderungen in den Dimensionen der Zerrbilder eintreten.

Alle diese Umstände sprechen für das Vorhandensein der vorausgesetzten Augenbewegungen und ich will jetzt einige Versuche anführen, welche nur zeigen sollen, dass unter gewissen Bedingungen diese Bewegungen des Auges zum Zustandekommen der Zerrbilder nicht unumgänglich nothwendig sind.

Fixirt man nämlich eine Marke, etwa einen kleinen Strich, welchen man nicht weit von der Mitte des Spaltes angebracht hat, und beobachtet nun im indirecten Sehfelde die bewegten Linienstücke im Spalte, so ist es mir und anderen Personen, welche im indirecten Sehen nicht ganz ungeübt sind, trotz des nun ruhenden Auges, möglich, die besagten Zerrbilder wahrzunehmen. Ein anderer Beobachter ist dann auch nicht im Stande, irgend welche Bewegungen am Auge zu erkennen. Ausserdem tritt auch für manche Personen schon bei einer so langsamen Verschiebung eine Verkürzung resp. Zusammendrückung der Figur im Sinne der Bewegungsrichtung ein, dass hierbei schwerlich von einer Dauer des Lichteindruckes die Rede sein kann.

Für diesen Fall nun, wo das Auge ruht, würde die Erklärung der Zerrbilder übereinstimmend sein mit derjenigen, welche oben für die Verzerrungen bei *langsamer* Bewegung gegeben wurde. Nur müsste man annehmen, dass bei schneller Bewegung der Figur die Verschiebungsgrösse *unterschätzt* würde, während sie, wie wir gesehen haben, bei langsamer Bewegung *überschätzt* wird.

Ausserdem müsste bei den Verzerrungen durch schnelle Bewegung die Vorstellung von der hinter dem Spalte bewegten Figur so intensiv werden, dass wir das Erinnerungsbild als ein wirklich auf der Netzhaut vorhandenes betrachten.

Auch der folgende Versuch scheint dafür zu sprechen, dass eine uns unbewusste Combinationsthätigkeit beim Zustandekommen der zuletzt besprochenen Zerrbilder mit im Spiele ist.

Man zeichne einen spitzen Winkel von ungefähr 50 Millimeter Schenkellänge, und verschiebe denselben dicht hinter dem ruhenden Spalt, stets senkrecht zu diesem, hin und her, jedoch so, dass weder der Scheitelpunct, noch die Enden der Schenkel, den Spalt passiren.

Mir und den meisten anderen Personen, denen ich diesen Ver-

such zeigte, ist es alsdann nicht möglich, die bewegten Linienstücke zu zwei convergirenden Linien zu combiniren, sondern wir sehen einfach die durch den Spalt erblickten Linienstücke in demselben hin und herrücken. Der Effect ändert sich aber sofort, sobald man die Verschiebung vergrössert, so dass entweder die Endpuncte der Schenkel oder der Scheitelpunct den Spalt passiren. Alsdann erblickt man deutlich einen weit weniger spitzen resp. stumpfen Winkel mit viel kürzeren Schenkeln, als die hinter dem Spalt verschobene Figur hat. Das Merkwürdige hierbei ist der Umstand, dass unsere Combinationsthätigkeit sofort die beiden hin und her bewegten Linien zu einem Gesammtbilde vereinigt, sobald die hierzu erforderlichen Momente ausreichend sind. Im vorliegenden Falle genügt hierzu die Wahrnehmung des Scheitelpunctes oder der Enden der beiden Schenkel.

Die hier beschriebenen Versuche können theils durch die Form und Anzahl der Spalte, theils durch Geschwindigkeitsänderungen mannigfach modificirt werden. Wahrhaft fruchtbringend versprechen indessen diejenigen Versuche zu werden, welche auf zweckmässige Weise die Geschwindigkeit der Verschiebung und die Grösse der Verzerrung zu messen gestatten.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass auch theilweise Verzerrungen eintreten, wenn man eine Figur, z. B. einen Kreis oder ein Quadrat, an irgend einer Kante, z. B. der eines Bogens Papier, schnell hin und her schiebt, so dass die Figur abwechselnd verschwindet und wieder zum Vorschein kommt. Ob auch hierbei bestimmte Augenbewegungen zur Erzeugung der genannten Verzerrungen erforderlich sind, wage ich vorläufig noch nicht zu entscheiden.

Leipzig im October 1862.

Ueberblickt man das durch die vorstehend beschriebenen Erscheinungen characterisirte Gebiet von Thatsachen, welche uns mit sehr einfachen Hülfsmitteln *quantitative Bestimmungen über die Resultate von unbewussten Verstandesoperationen* zu sammeln gestatten, so eröffnet sich hier die Aussicht zur Begründung und Entwickelung einer Experimentalpsychologie.

Während die Untersuchungen von E. H. WEBER[1]) und FECHNER[2]) zuerst die experimentellen Fundamente zur Begründung einer *psychophysischen Statik* auf Grund eines allgemeinen Massprincipes geliefert haben, eröffnen uns die obigen Untersuchungen die Aussicht zur experimentellen Begründung einer *psychophysischen Dynamik*. Die deductive Behandlung des auf diese Weise durch zahlreiche statistische Beobachtungsresultate gesammelten Materials wird besonders die mathematischen Hülfsmittel der Wahrscheinlichkeitsrechnung in Anspruch zu nehmen haben, so dass z. B. direct die Sicherheit einer erwarteten Beziehung durch die in der Wahrscheinlichkeitstheorie gegebenen Ausdrücke bestimmt und mit den Beobachtungen verglichen werden kann. Hieraus wird sich dann auch in geeigneter Weise die *Dauer einer psychischen Elementaroperation* sowie andere Constanten bestimmen und ihre Abhängigkeit von den physischen und psychischen Bedingungen des Individuums ermitteln lassen.

Möchten die auf dem Gebiete einer solchen Experimentalpsychologie ermittelten Gesetze dereinst bei ihrer *bewussten* Anwendung auf die Gesellschaft von ebenso grossem Nutzen sein, wie die aus der Experimentalphysik abgeleiteten Gesetze für die physische Vervollkommnung der menschlichen Existenz.

---

1) Vergleiche die oben citirten Abhandlungen von E. H. WEBER.
2) FECHNER, Elemente der Psychophysik, Leipzig 1860.

Immanuel Kant
und seine Verdienste um die Naturwissenschaft.

> „Die Geschichte ist in Wahrheit die Wissenschaft der Pietät; in der Pietät aber liegt [illegible] dem edlen Beispiele der Vergangenheit, [illegible] und fördernde sittliche Kraft.“
>
> A. Dove.

Das gegenwärtige Schlusscapitel meiner Untersuchungen steht in einer gewissen Beziehung zu dem wesentlichen Inhalte der Vorrede. Man ist allgemein geneigt, die Fähigkeit und Gewandtheit in mathematischen Operationen und ihrer erfolgreichen Anwendung auf Mechanik und Physik, als das Zeichen eines in jeder Beziehung scharfen und logisch richtigen Denkens zu betrachten. Dass dieser Glaube auf einer Illusion beruht und dass vielmehr der scharfsinnigste mathematische Physiker, wie z. B. Sir William Thomson in den ersten Principien der Erkenntnisstheorie gänzlich unbewandert sein kann, dafür ist in der Vorrede in umfassender Weise der inductive Beweis geliefert.

Es kommt diese Illusion daher, dass man unwillkürlich auf diejenigen, welche sich die Fähigkeit und Gewandtheit in der Anwendung eines bewunderungswürdig eingerichteten Instrumentes angeeignet haben, den Scharfsinn derjenigen überträgt, welche die Idee zu jenem Instrumente concipirten und dasselbe zur weiteren Ausbildung und Vervollkommnung der Nachwelt überlieferten. Ein solch bewunderungswürdiges Instrument ist z. B. der Infinitesimalcalcul. Aber Newton und Leibniz, welche die Idee zu diesem Instrumente concipirten, waren eminent philosophisch angelegte Naturen.

Die bei ihnen ursprünglich bewussten Verstandesoperationen verwandeln sich bei häufiger Ausübung allmälig in unbewusste Operationen, neben denen dann die bewusste Verstandesthätigkeit wegen mangelhafter Uebung allmälig verkümmern kann. Durch

dieses eigenthümliche Verhältniss ist daher die Mathematik in ihrer Anwendung auf die Naturwissenschaft nicht nur ein erfolgreiches Instrument des Geistes geworden, sondern sie hat sich nicht minder als ein bequemes Mittel zur Befriedigung der Eitelkeit für diejenigen erwiesen, welche durch die Gewandtheit in der Handhabung des Instruments gleichsam noch auf Kosten des Ruhmes und des Scharfsinns seiner Erfinder zu leben für gut finden.

Es ist dann kein Wunder, dass für solche Köpfe, ehe sie zu inductiven Verallgemeinerungen auf Grund von beobachteten Thatsachen schreiten, die Fülle des aufgespeicherten Materiales einen derartigen Umfang erreichen muss, dass die Arbeit von Generationen hierzu erforderlich ist. Allein:

»Die Kunst ist lang und kurz ist unser Leben.«

Soll daher für die gegenwärtige Entwickelungsphase der cultivirten Menschheit die Hoffnung überhaupt nicht aufgegeben werden, den Gipfel der Erkenntniss zu erreichen oder ihm wenigstens beträchtlich näher zu kommen, so muss in Zukunft bei der Ansammlung des inductiven Materials eine bedeutend grössere Oeconomie eintreten, um da nicht unnütze Zeit auf Vermehrung von Beobachtungen zu verwenden, wo aus dem vorhandenen Materiale bereits Resultate gewonnen, oder andere wichtige Probleme mit geringerem Zeitaufwande gelöst werden können.

Um nun aber auch für diejenigen, welche sich mit den obigen Deductionen nicht einverstanden erklären sollten, den inductiven Beweis zu liefern, dass bei schärferer Entwickelung der Verstandesoperationen, schon auf Grund eines viel geringeren Materiales von Beobachtungen, Schlüsse und Folgerungen über causale Beziehungen in der Natur abgeleitet werden können, habe ich hier die wesentlichsten Resultate der von KANT vor mehr als 100 Jahren deductiv abgeleiteten Erscheinungen zusammengestellt, welche die Gegenwart zum Theil auf Grund genauerer Beobachtungen und mathematischer Entwickelungen, zum Theil durch vollkommen identische Deductionen als Wahrheiten erkannt hat.

Selbstverständlich kann es mir nicht entfernt in den Sinn kommen, aus einer derartigen Zusammenstellung irgend welche bewusste Beziehung zwischen den gegenwärtigen exacten Forschern und den deductiven Resultaten KANT's zu folgern. Dass wir es aber hierbei

nicht nur mit einer blossen Divinationsgabe oder unbewussten Anticipition des Zukünftigen zu thun haben,[1]) dafür spricht einerseits die grosse Fülle der Uebereinstimmungen, andrerseits aber auch der vollkommen identische Weg, auf welchem Kant zu seinen Resultaten gelangte.

Conceptionen, auf denen exacte Forscher der Gegenwart das stolze Gebäude ihres wissenschaftlichen Ruhmes erbaut haben, werden wir in bewunderungswürdiger Uebereinstimmung bis in die kleinsten Details bei Kant wiederfinden und zwar in Arbeiten, die den ersten Früchten seines durchdringenden Scharfsinnes, dem 31. Jahre seines Lebens beigezählt werden müssen!

Während also in der Vorrede der Glaube an die wissenschaftliche Unfehlbarkeit mathematisch-physikalischer Köpfe inductiv als eine Illusion erwiesen worden ist, soll der heranwachsenden Generation der Naturforscher, das ihnen eingeimpfte Vorurtheil gegen

---

1) Eine solche Divinationsgabe, d. h. die Fähigkeit durch unbewusste Verstandesoperationen zu Vorstellungen und Resultaten zu gelangen, welche eine viel spätere Zeit erst auf dem Wege bewusster Verstandesthätigkeit zu reproduciren berufen ist, hat Kepler in eminenter Weise besessen.

Ich glaube, man kann, ohne sich dem Vorwurfe der Spitzfindigkeit auszusetzen, behaupten, dass seine rastlosen und umständlichen Bemühungen, die Abstände und räumlichen Beziehungen der Planeten zur Sonne, ja sogar ihre Bewegungen mit den geometrischen Eigenschaften der einfachsten stereometrischen Gebilde in Zusammenhang zu bringen, als die dunkel aber tief empfundene Ueberzeugung von dem empirischen Ursprunge der Eigenschaften des Raumes und ihrer Bedeutung für unsere Naturerklärung aufgefasst werden können.

Erst unserer Zeit war es vorbehalten, durch die genialen Untersuchungen Riemann's jene Ahnung aus dem Bereiche der unbewussten Verstandesoperationen in die Continuität des wissenschaftlichen Erkenntnissprocesses als ein Resultat des bewussten Denkens erhoben zu sehen.

Ebenso werden sich die mit so grosser Ueberzeugung von Kepler entwickelten Lehren von den magnetischen Beziehungen der Weltkörper, von der an der Oberfläche der Sonne von Westen nach Osten strudelartig kreisenden Flüssigkeit und noch manches Andere als wissenschaftlich begründete Glieder in der Kette bewusster Verstandesoperationen der Zukunft enthüllen. Darin gerade besteht der Grundzug und die fundamentale Eigenschaft genialer Naturen, dass sich bei ihnen unter dem Einflusse der Sehnsucht und inbrünstigen Liebe zur Wahrheit durch natürliche Züchtung das Gebiet ihrer unbewussten Verstandesoperationen erweitert, wodurch sie befähigt werden, schon aus wenigen Beobachtungsdaten unbewusst Resultate zu anticipiren, welche der normal organisirten Mitwelt als Träumereien und unvermittelte Schlussfolgerungen erscheinen. Es ist dies aber genau derselbe Process, durch welchen ein Dahse im Gebiete des Zählens und Rechnens befähigt war, das für uns vollkommen Unbegreifliche zu leisten.

alles was Philosophie heisst genommen und ihnen ebenfalls inductiv der verloren gegangene Glaube an die Fruchtbarkeit und Nothwendigkeit einer rationellen philosophischen Ausbildung auch für die Fortschritte in den Naturwissenschaften wieder ans Herz gelegt werden.

Als erste Frucht eines solchen wieder erwachenden Glaubens wird sich dann auch eine kräftige Reaction gegen das Versinken in einen unwürdigen Materialismus des Lebens einstellen und die edle und reine Begeisterung für die Wahrheit wird die Verstandeskräfte wieder zu derjenigen Höhe bei den Vertretern der exacten Forschung erheben, welche sie befähigt, die Continuität der Gesammtheit aller wissenschaftlichen Bestrebungen anzuerkennen.

Kant giebt uns jedoch nicht nur ein glänzendes Beispiel durch seine Leistungen auf dem Gebiete der Naturforschung, sondern gleichzeitig auch ein schönes Bild derjenigen Charactereigenschaften, unter deren schützendem Einflusse der lautere Trieb zur Wahrheit und die unverwelkliche Frische der Verstandesoperationen bis in das höchste Alter die Quellen reiner und erhebender Freuden werden.

Möge daher hier zunächst ein kurzer Abriss seines Lebens mit besonderer Rücksicht auf die soeben erwähnten Umstände als Einleitung für das Folgende der Beachtung des Lesers empfohlen sein. [1])

Immanuel Kant wurde am 22. April 1724 zu Königsberg in der Provinz Preussen geboren. Sein Vater betrieb dort das Sattlerhandwerk. [2]) In dem elterlichen Hause war die Erziehung streng

1) Die folgenden Mittheilungen sind meistens wörtlich der Biographie Kant's im 12. Bande der von Rosenkranz und Schubert herausgegebenen Gesammtausgabe der Werke Kant's entnommen.

2) Der Vater Kant's hiess Johann George Cant. Auch Kant bediente sich Anfangs noch dieser Schreibweise, wie er gegen Hasse äusserte; er habe sie aber aus Verdruss, weil Einige den ersten Buchstaben in seinem Namen wie ein Z ausgesprochen, mit K vertauscht.

Als Kant seine europäische Berühmtheit erlangt hatte und ausserdem in den Ruf eines vermögenden Mannes gekommen war, meldeten sich Namensverwandte aus mehreren Ländern, namentlich aus Schweden und wollten ihm ihre Vetterschaft gegen baare Geldanleihen aufdringen. Ja sogar sein eigener Vater, der zwar in der Nähe von Memel geboren, aber seit seinen Lehrjahren niemals Königsberg verlassen hatte, sollte Schwedischer Unterofficier gewesen und nur nach Deutschland als Militär gekommen sein. Bei dieser Gelegenheit äusserte sich Kant selbst über den Ursprung seiner Familie, und wies nach, dass seine Vorfahren aus Schottland stammen. (l. c. p. 14.)

fromm, sie war abhängig von dem Einflusse des damals in Königsberg herrschenden milden Pietismus, dem Vater und Mutter in treuer Ergebenheit anhingen und dessen strengere Anforderungen sie nicht blos mit dem Munde bekannten, sondern auch in ihrem Leben als strenge Richtschnur zum Handeln überall wählten. KANT sprach sich einst selber in folgender Weise über dies Verhältniss seiner Eltern aus (l. c. p. 16):

»Waren auch die religiösen Vorstellungen der damaligen Zeit und die Begriffe von dem, was man Tugend und Frömmigkeit nannte, nichts weniger als deutlich und genügend, so fand man doch wirklich die Sache. Man sage dem Pietismus nach, was man will, genug die Leute, denen es ein Ernst war, zeichneten sich auf eine ehrwürdige Weise aus. Sie besassen das Höchste, was der Mensch besitzen kann, jene Ruhe, jene Heiterkeit, jenen inneren Frieden, der durch keine Leidenschaft beunruhigt wurde. Keine Noth, keine Verfolgung setzte sie in Missmuth, keine Streitigkeit war vermögend, sie zum Zorn und zur

---

Man könnte hierin eine Beziehung zu der von THOMAS BUCKLE aufgestellten Behauptung erblicken, dass der Schottische Geist in eminenter Weise deductiv angelegt sei. BUCKLE bemerkt hierüber (I. 210) Folgendes, indem er zunächst die Amerikaner als inductiv den Deutschen als deductiv gegenüberstellt:

»Nun sind die beiden Extreme dieser Verschiedenheit offenbar Deutschland und die Vereinigten Staaten; die Deutschen sind vorzugsweise deductiv, die Amerikaner inductiv. Aber Deutschland und Amerika sind in mancher andern Hinsicht so schroff entgegengesetzt, dass ich es für nützlich gehalten habe, die Wirkungen des deductiven und inductiven Geistes in Ländern zu studiren, zwischen denen eine genauere Analogie existirt.« . . . »Eine solche Gelegenheit bietet sich in der Geschichte von Schottland im Vergleich mit der von England. Hier haben wir zwei Grenzvölker, welche dieselbe Sprache sprechen, dieselbe Literatur lesen und durch dieselben Interessen verbunden sind. *Und dennoch ist es eine Wahrheit, welche unbeachtet geblieben zu sein scheint, die ich aber vollständig im Einzelnen nachweisen werde, dass bis zu den letzten 30 oder 40 Jahren der Schottische Geist sogar mehr und vollständiger deductiv gewesen ist als der Englische inductiv. Diese Neigung des Englischen Geistes zur Induction und die fast abergläubische Ehrfurcht, womit wir daran festhalten,* ist mit Bedauern von wenigen, und von sehr wenigen unserer ausgezeichnetsten Männer hervorgehoben worden. Auf der andern Seite bedienten sich in Schottland, besonders während des 18. Jahrhunderts, die grossen Denker fast ohne Ausnahme der deductiven Methode.« Also auch BUCKLE scheint zu glauben, dass beide Methoden nur coordinirt sind.

Feindschaft zu reizen. Mit einem Worte, auch der blosse Beobachter wurde unwillkürlich zur Achtung hingerissen.«

Nach solcher Herzensergiessung fügte KANT noch gern andere Characterzüge seiner Eltern hinzu, die sowohl ebenso seine kindliche Liebe als die reine Gesinnung jener bezeugten.

Im 10. Lebensjahre (1733) wurde er, in der Absicht ihn nach dem Wunsche der Mutter dem Studium der Theologie zuzuführen, dem Collegium Fridericianum übergeben, dessen Leitung damals dem allgemein im Rufe des Pietismus stehenden Dr. F. A. SCHULTZ übertragen worden war. KANT besuchte diese Anstalt 7 Jahre lang. Ueber den hier empfangenen Unterricht in der Mathematik und Logik konnte KANT in seinen späteren Jahren nicht ohne Lachen sprechen.

Zu seinem ehemaligen Mitschüler CUNDE äusserte er einmal: »Diese Herren konnten wohl keinen Funken, der in uns zum Studium der Philosophie oder Mathese lag, zur Flamme bringen.« »Ausblasen konnten sie ihn wohl,« erwiderte der sehr ernste CUNDE.

Ehe KANT noch seine Schulbildung vollendet hatte, verlor er seine Mutter am 18. December 1737. Er betrauerte ihren Tod mit der innigsten Wehmuth. Sie scheint ihre zärtliche mütterliche Liebe besonders diesem Sohne gewidmet zu haben. Oft führte sie ihn in die freie Natur und machte ihn auf diesen Spaziergängen auf allerlei Erscheinungen der Natur aufmerksam und versuchte sie in herzlicher Zusprache von der wunderbaren Macht Gottes zu erklären. (l. c. p. 17.)

Zu Michaelis 1740, also noch vor seinem zurückgelegten 17. Jahre, bezog er die Universität seiner Vaterstadt, anfänglich in der Absicht Theologie zu studiren, wohl auch von dem Gedanken geleitet, dadurch am besten das Andenken seiner geliebten Mutter zu ehren. »Die damalige gute Gewohnheit der Studirenden brachte es mit sich, dass sie, bevor sie mit Ernst die Vorlesungen der von ihnen gewählten Berufsfächer besuchten, in dem ersten Semester, wohl auch in den beiden ersten Semestern nur ausschliesslich mit Vorlesungen aus der philosophischen Facultät sich beschäftigten.« (p. 26.)

KANT wählte dazu gerade die Mathemathik und Philosophie, weil er in diesen noch fast nichts gelernt zu haben glaubte, während

für sein Lieblingsfach, die Philologie damals sehr schlecht auf der Universität gesorgt war.

Als sein Vater am 24. März 1746 starb, trübten sich seine materiellen Verhältnisse derart, dass er sich genöthigt sah, sich dem Hauslehrerleben zu widmen, was er nicht weniger als 9 Jahre zu thun gezwungen war. Er schrieb eigenhändig in die Hausbibel zu den dort schon gesammelten Familiennachrichten: »den 24. März ist mein liebster Vater durch einen seligen Tod abgefordert worden. Gott, der ihm in diesem Leben nicht hat viel Freude geniessen lassen, lasse ihm dafür die ewige Freude zu Theil werden.«

Die letzte Hauslehrerstelle, welche er bekleidete, war diejenige in der Familie des Grafen Kayserling zu Rautenburg.

Mit dem Wintersemester 1755 begann er die Reihe seiner academischen Vorlesungen über Mathematik und Physik, und trug sogar mit theilnehmendem Interesse die Lehren von der Fortification und Pyrotechnie vor. Diese Vorträge liess er in den ersten 10 Jahren in regelmässiger Folge neben den philosophischen fortgehen.

Seine schriftstellerische Thätigkeit hatte unterdessen ausser mit einigen kleineren Abhandlungen in den Königsberger Nachrichten und einigen Programmen zur Ankündigung seiner halbjährlichen Vorlesungen, in einer sehr bemerkenswerthen Weise, mit der Veröffentlichung der »Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels« (1755) begonnen.

Kant selbst legte einen solchen Werth auf diese Schrift, dass er von ihrer öffentlichen Bekanntmachung die günstigsten Erwartungen für seine Anstellung bei der Universität hegte. Er dedicirte sie deshalb seinem Landesherrn, Friedrich dem Grossen, »welchen Schritt er bei seinem sonstigen bescheidenen Zurücktreten im öffentlichen Leben gewiss nicht gewagt haben würde, wenn er nicht in dieser selbständigen Forschung eine würdige Empfehlung für seine Leistungen erblickt hätte.«[1])

1) Der Wortlaut jener Dedication ist folgender:

»Allerdurchlauchtigster, grossmächtigster König.

Allergnädigster König und Herr!

Die Empfindung der eigenen Unwürdigkeit und der Glanz des Thrones können meine Blödigkeit nicht so kleinmuthig machen, als die Gnade, die der allerhuldreichste Monarch über alle seine Unterthanen mit gleicher Grossmuth

Auch am Abende seines Lebens hatte er sein Urtheil über diese Schrift nicht geändert, wie er dies bei der Uebersetzung von W. HERSCHEL's Abhandlungen über den Bau des Himmels durch GENSICHEN bethätigte (1791), welcher er einen authentischen Auszug aus diesem seinem Jugendwerke anhängen liess.[1])

In der That, wie gross die Zuversicht KANT's zur Wahrheit seines Entwurfes war, wie tief und zugleich wie vollkommen mit den Principien einer rationellen Naturforschung entsprechend er seine Aufgabe erfasst hatte, das geht am deutlichsten aus der Vorrede zu jener Abhandlung hervor.

Nachdem er die Einwürfe, die man vom Standpuncte der Religion gegen seine Anschauungen erheben könnte, glänzend und geistvoll widerlegt hat, fährt er folgendermassen fort:

(p. 52—55) »Ich habe die Schwierigkeiten, die von Seiten der Religion meine Sätze zu bedrohen schienen, hinwegzuräumen gesucht. Es giebt einige nicht geringere in Ansehung der Sache selber. Wenn es gleich wahr ist, wird man sagen, dass Gott in die Kräfte der Natur eine geheime Kunst gelegt hat, sich aus dem Chaos von selber zu einer vollkommenen Weltverfassung auszubilden, wird der Verstand des Menschen, der bei den gemeinsten Gegenständen so blöde ist, in so grossem Vorwurfe die verborgenen Eigenschaften zu erforschen vermögend sein? Ein solches Unterfangen heisst eben so viel als wenn man sagte: gebt

---

verbreitet, mir Hoffnung einflösst, dass die Kühnheit, der ich mich unterwinde, nicht mit ungnädigen Augen werde angesehen werden. Ich lege hiermit in allerunterthänigster Ehrfurcht eine der geringsten Proben desjenigen Eifers zu den Füssen Ew. Königlichen Majestät, womit Höchst Dero Academien durch die Aufmunterung und den Schutz ihres erleuchteten Souverains, zur Nacheiferung anderer Nationen in den Wissenschaften angetrieben werden. Wie beglückt würde ich sein, wenn es gegenwärtigem Versuche gelingen möchte, den Bemühungen, womit der niedrigste und ehrfurchtvollste Unterthan unausgesetzt bestrebt ist, sich dem Nutzen seines Vaterlandes einigermassen brauchbar zu machen, das allerhöchste Wohlgefallen seines Monarchen zu erwerben. Ich ersterbe in tiefster Devotion

Ew. Königlichen Majestät

Königsberg, d. 14. März 1755.

allerunterthänigster Knecht
der Verfasser.«

1) Vergl. ROSENKRANZ Geschichte der KANT'schen Philosophie p. 131—135.

mir nur Materie, ich will Euch eine Welt daraus bauen. Kann Dich die Schwäche Deiner Einsichten, die an den geringsten Dingen, welche Deinen Sinnen täglich und in der Nähe vorkommen, zu Schanden wird, nicht lehren, dass es vergeblich sei, das Unermessliche und das, was in der Natur vorging, ehe noch eine Welt war, zu entdecken. Ich vernichte diese Schwierigkeit, indem ich deutlich zeige, dass eben diese Untersuchung unter allen, die in der Naturlehre aufgeworfen werden können, diejenige sei, in welcher man am leichtesten und sichersten bis zum Ursprunge gelangen kann. Ebenso wie unter allen Aufgaben der Naturforschung keine mit mehr Richtigkeit und Gewissheit aufgelöst worden, als die wahre Verfassung des Weltbaues im Grossen, die Gesetze der Bewegungen und das innere Triebwerk der Umläufe aller Planeten; als worin die NEWTON'sche Weltweisheit solche Einsichten gewähren kann, dergleichen man sonst in keinem Theile der Weltweisheit antrifft; eben also, behaupte ich, sei unter allen Naturdingen, deren erster Ursache man nachforscht, der Ursprung des Weltsystems und die Erzeugung der Himmelskörper, sammt den Ursachen ihrer Bewegungen, dasjenige, was man am ersten gründlich einzusehen hoffen darf. Die Ursache hiervon ist leicht zu ersehen. Die Himmelskörper sind runde Massen, also von der einfachsten Bildung, die ein Körper, dessen Ursprung man sucht, nur immer haben kann. Ihre Bewegungen sind gleichfalls unvermischt. Sie sind nichts als eine freie Fortsetzung eines einmal eingedrückten Schwunges, welcher, mit der Attraction des Körpers im Mittelpuncte verbunden, kreisförmig wird. Ueberdies ist der Raum, darin sie sich bewegen, leer, die Zwischenweiten, die sie von einander absondern, ganz ungemein gross, und also Alles sowohl zur unverwirrten Bewegung, als auch zur deutlichen Bemerkung derselben auf das deutlichste auseinandergesetzt. Mich dünkt, man könne hier in gewissem Verstande ohne Vermessenheit sagen: gebt mir Materie, ich will eine Welt daraus bauen! das ist, gebt mir Materie, ich will Euch zeigen, wie eine Welt daraus entstehen soll. Denn wenn Materie vorhanden ist, welche mit einer wesentlichen Attractionskraft begabt ist, so ist es nicht schwer, diejenigen Ursachen zu bestimmen, die zu der Einrichtung des Weltsystems, im Grossen be-

trachtet, haben beitragen können. Man weiss, was dazu gehört, dass ein Körper eine kugelrunde Figur erlange; man begreift, was erfordert wird, dass freischwebende Kugeln eine kreisförmige Bewegung um den Mittelpunct anstellen, gegen den sie gezogen werden. Die Stellung der Kreise gegen einander, die Uebereinstimmung der Richtung, die Excentricität, Alles kann auf die einfachsten und mechanischen Ursachen gebracht werden, und man darf mit Zuversicht hoffen, sie zu entdecken, weil sie auf die leichtesten und deutlichsten Gründe gesetzt werden können. Kann man aber wohl von den geringsten Pflanzen oder einem Insecte sich solcher Vortheile rühmen? Ist man im Stande zu sagen: gebt mir Materie, ich will euch zeigen, wie eine Raupe erzeugt werden könne? Bleibt man hier nicht bei dem ersten Schritte, aus Unwissenheit der wahren innern Beschaffenheit des Objects und der Verwickelung der in demselben vorhandenen Mannigfaltigkeit, stecken? Man darf es sich also nicht befremden lassen, wenn ich mich unterstehe zu sagen: dass eher die Bildung aller Himmelskörper, die Ursache ihrer Bewegungen, kurz, der Ursprung der ganzen gegenwärtigen Verfassung des Weltbaues werden können eingesehen werden, ehe die Erzeugung eines einzigen Krauts oder einer Raupe, aus mechanischen Gründen, deutlich und vollständig kund werden wird.

Dieses sind die Ursachen, worauf ich meine Zuversicht gründe, dass der physische Theil der Weltwissenschaft künftighin noch wohl eben die Vollkommenheit zu hoffen habe, zu der NEWTON die mathematische Hälfte derselben erhoben hat. Es sind nächst den Gesetzen, nach welchen der Weltbau, in der Verfassung darin er ist, besteht, vielleicht keiner anderen in der ganzen Naturforschung solcher mathematischen Bestimmungen fähig, als diejenigen, nach welchen er entstanden ist, und ohne Zweifel würde die Hand eines versuchten Messkünstlers hier nicht unfruchtbare Felder bearbeiten.«

Hierauf giebt KANT einen kurzen Bericht über die Art und Weise, wie er seinen Gegenstand behandelt hat, und welchen Schriften fremder Autoren er vorzugsweise die Anregung zu seinem Unternehmen verdanke. Nachdem er seine Anschauungen von der Constitution unseres Fixsternsystems angedeutet hat, fährt er, zur Be-

trachtung einer möglichen Eigenbewegung der Fixsterne übergehend, folgendermassen fort:

(p. 55—57) »Indem ich den Ursachen dieser Bestimmung nachgegangen bin, habe ich sehr wahrscheinlich zu sein befunden, dass die sogenannten Fixsterne, oder festen Sterne, wohl eigentlich langsam bewegte Wandelsterne einer höhern Ordnung sein könnten. Zur Bestätigung dessen, was man an seinem Orte von diesem Gedanken antreffen wird, will ich allhier nur eine Stelle aus einer Schrift des Herrn Bradley von der Bewegung der Fixsterne anführen. »» Wenn man aus dem Erfolg der Vergleichung unserer besten jetzigen Beobachtungen, mit denen, welche vor diesem mit einem erträglichen Grade der Richtigkeit angestellt worden, ein Urtheil fällen wird, so erhellt, dass einige Fixsterne wirklich ihren Stand gegen einander verändert haben, und zwar so, dass man sieht, dass dieses nicht irgend von einer Bewegung in unserm Planetengebäude herrührt, sondern dass es blos einer Bewegung der Sterne selber zugeschrieben werden kann. Der Arktur giebt einen starken Beweis hiervon an die Hand. Denn wenn man desselben gegenwärtige Declination mit seinem Orte, wie derselbe sowohl von Tycho als auch von Flamsteed ist bestimmt worden, vergleicht, so wird man finden, dass der Unterschied grösser ist, als man ihn von der Ungewissheit ihrer Beobachtungen herzurühren vermuthen kann. Man hat Ursache zu vermuthen, dass auch andere Exempel von gleicher Beschaffenheit unter der grossen Anzahl der sichtbaren Sterne vorkommen müssen, weil ihre Lagen gegen einander durch mancherlei Ursachen können verändert werden. Denn wenn man sich vorstellt, dass unser eigenes Sonnengebäude seinen Ort in Ansehung des Weltraums verändert, so wird dieses nach Verlauf einiger Zeit eine scheinbare Veränderung der Winkelentfernungen der Fixsterne verursachen. Und weil dieses in solchem Falle in die Oerter der nächsten Sterne einen grösseren Einfluss haben würde, als in die Oerter derjenigen, welche weit entfernt sind, so würden ihre Lagen sich zu verändern scheinen, obgleich die Sterne selbst wirklich unbeweglich blieben. Und wenn im Gegentheil unser eignes Planetengebäude stille steht und einige Sterne wirklich eine Bewegung haben, so wird dieses gleichfalls ihre schein-

bare Lage verändern, und zwar um desto mehr, je näher sie bei uns sind, oder je mehr die Richtung der Bewegung so beschaffen ist, dass sie von uns kann wahrgenommen werden. Da nun also die Lagen der Sterne von so mancherlei Ursachen können verändert werden, indem man die erstaunlichen Entfernungen, in welchen ganz gewiss einige gelegen sind, betrachtet, so werden wohl die Beobachtungen vieler Menschenalter nöthig sein, die Gesetze der scheinbaren Veränderungen, auch eines einzigen Sternes, zu bestimmen. Viel schwerer muss es also noch sein, die Gesetze für alle die merkwürdigsten Sterne festzusetzen.««

Ueber den Inhalt des zweiten Theiles seiner Abhandlung spricht sich KANT in folgender, auch heute bei Beurtheilung derartiger Untersuchungen, sehr beherzigenswerther Weise aus:

(p. 58—61) »In dem zweiten Theile, der den eigentlichsten Vorwurf dieser Abhandlung in sich enthält, suche ich die Verfassung des Weltbaues aus dem einfachsten Zustande der Natur blos durch mechanische Gesetze zu entwickeln. Wenn ich mich unterstehen darf, denjenigen, die sich über die Kühnheit dieses Unternehmens entrüsten, bei der Prüfung, womit sie meine Gedanken beehren, eine gewisse Ordnung vorzuschlagen, so wollte ich bitten, das achte Hauptstück zuerst durchzulesen, welches, wie ich hoffe, ihre Beurtheilung zu einer richtigen Einsicht vorbereiten kann. Wenn ich indessen den geneigten Leser zur Prüfung meiner Meinungen einlade, so besorge ich mit Recht, dass, da Hypothesen von dieser Art gemeiniglich nicht in viel besserem Ansehen, als philosophische Träume stehen, es eine saure Gefälligkeit für einen Leser ist, sich zu einer sorgfältigen Untersuchung von selbst erdachten Geschichten der Natur zu entschliessen und dem Verfasser durch alle die Wendungen, dadurch er den Schwierigkeiten, die ihm aufstossen, ausweicht, geduldig zu folgen, um vielleicht am Ende, wie die Zuschauer des Londonschen Marktschreiers[1]), seine eigene Leichtgläubigkeit zu belachen. Indessen getraue ich mir zu versprechen, dass, wenn der Leser durch das vorgeschlagene Vorbereitungshauptstück hoffentlich wird überredet worden sein, auf so wahrscheinliche Ver-

---

1) Siehe GELLERT's Fabel: Hans Nord.

muthungen doch ein solches physisches Abenteuer zu wagen, er auf dem Fortgange des Weges nicht so viel krumme Abwege und unwegsame Hinternisse, als er vielleicht anfänglich besorgt, antreffen werde.

Ich habe mich in der That mit grössester Behutsamkeit aller willkürlichen Erdichtungen entschlagen. Ich habe, nachdem ich die Welt in das einfachste Chaos versetzt, keine andere Kräfte als die Anziehungs- und Zurückstossungskraft zur Entwickelung der grossen Ordnung der Natur angewandt, zwei Kräfte, welche beide gleich gewiss, gleich einfach und zugleich gleich ursprünglich und allgemein sind. Beide sind aus der Newton'schen Weltweisheit entlehnt. Die erstere ist ein nunmehr ausser Zweifel gesetztes Naturgesetz. Die zweite, welcher vielleicht die Naturwissenschaft des Newton nicht so viel Deutlichkeit als die erstere gewähren kann, nehme ich hier nur in demjenigen Verstande an, da sie Niemand in Abrede ist, nämlich bei der feinsten Auflösung der Materie, wie z. E. bei den Dünsten. Aus diesen so einfachen Gründen habe ich auf eine ungekünstelte Art, ohne andere Folgen zu ersinnen, als diejenigen, worauf die Aufmerksamkeit des Lesers ganz von selbst verfallen muss, das folgende System hergeleitet.

Man erlaube mir schliesslich wegen der Gültigkeit und des angeblichen Werthes derjenigen Sätze, die in der folgenden Theorie vorkommen werden, und wonach ich sie von billigen Richtern geprüft zu werden wünsche, eine kurze Erklärung zu thun. Man beurtheilt billig den Verfasser nach demjenigen Stempel, den er auf seine Waare drückt; daher hoffe ich, man werde in den verschiedenen Theilen dieser Abhandlung keine strengere Verantwortung meiner Meinungen fordern, als nach Massgebung des Werths, den ich von ihnen selber ausgebe. Ueberhaupt kann die grösste geometrische Schärfe und mathematische Unfehlbarkeit niemals von einer Abhandlung dieser Art verlangt werden. Wenn das System auf Analogien und Uebereinstimmungen, nach den Regeln der Glaubwürdigkeit und einer richtigen Denkungsart, gegründet ist; so hat es allen Forderungen seines Objects genug gethan. Diesen Grad der Tüchtigkeit meine ich in einigen Stücken dieser Abhandlung, als in der Theorie der Fixsternensysteme, in der

Hypothese von der Beschaffenheit der neblichten Sterne, in dem allgemeinen Entwurfe von der mechanischen Erzeugungsart des Weltbaues, in der Theorie von dem Saturnusringe und einigen andern erreicht zu haben. Etwas minder Ueberzeugung werden einige besondere Theile der Ausführung gewähren, wie z. E. die Bestimmung der Verhältnisse der Excentricität, die Vergleichung der Massen der Planeten, die mancherlei Abweichungen der Cometen, und einige andere.

Wenn ich daher in dem siebenten Hauptstück, durch die Fruchtbarkeit des Systems und die Annehmlichkeit des grössten und wunderwürdigsten Gegenstandes, den man sich nur denken kann, angelockt, zwar stets an dem Leitfaden der Analogie und einer vernünftigen Glaubwürdigkeit, doch mit einiger Kühnheit die Folgen des Lehrgebäudes so weit als möglich fortsetze; wenn ich das Unendliche der ganzen Schöpfung, die Bildung neuer Welten und den Untergang der alten, den unbeschränkten Raum des Chaos der Einbildungskraft darstelle; so hoffe ich, man werde der reizenden Annehmlichkeit des Objects und dem Vergnügen, welches man hat, die Uebereinstimmungen einer Theorie in ihrer grössten Ausdehnung zu sehen, so viel Nachsicht vergönnen, sie nicht nach der grössten geometrischen Strenge, die ohnedies bei dieser Art der Betrachtungen nicht statt hat, zu beurtheilen. Eben dieser Billigkeit versehe ich mich in Ansehung des dritten Theiles. Man wird indessen allemal etwas mehr als blos Willkürliches, obgleich jederzeit etwas weniger als Ungezweifeltes, in selbigem antreffen.«

Um dem Leser einen Gesammtüberblick über den Inhalt der ersten beiden Theile des Werkes zu verschaffen, lasse ich hier das von KANT gegebene Verzeichniss desselben folgen. Der dritte Theil ergeht sich in Betrachtungen über die Bewohner der Gestirne und die Modification ihrer physischen und psychischen Eigenschaften gegenüber den veränderten Existenzbedingungen.

Inhalt der ersten beiden Theile des ganzen Werkes:

(p. 62—66.) »*Erster Theil.*

Abriss einer allgemeinen systematischen Verfassung unter den Fixsternen, aus den Phänomenis der Milchstrasse hergeleitet. Aehn-

lichkeit dieses Fixsternsystems mit dem Systeme der Planeten. Entdeckung vieler solcher Systeme, die sich in der Weite des Himmels, in Gestalt elliptischer Figuren, zeigen. Neuer Begriff von der systematischen Verfassung der ganzen Schöpfung.

Beschluss. Wahrscheinliche Vermuthung mehrerer Planeten über den Saturn, aus dem Gesetze, nach welchem die Excentricität der Planeten mit den Entfernungen zunimmt.

Zweiter Theil.

Erstes Hauptstück.

Gründe für die Lehrverfassung eines mechanischen Ursprungs der Welt. Gegengründe. Einziger Begriff unter allen möglichen, beiden genug zu thun. Erster Zustand der Natur. Zerstreuung der Elemente aller Materie durch den ganzen Weltraum. Erste Regung durch die Anziehung. Anfang der Bildung eines Körpers in dem Puncte der stärksten Attraction. Allgemeine Senkung der Elemente gegen diesen Centralkörper. Zurückstossungskraft der feinsten Theile, darin die Materie aufgelöst worden. Veränderte Richtung der sinkenden Bewegung durch die Verbindung dieser Kraft mit der erstern. Einförmige Richtung aller dieser Bewegungen nach eben derselben Gegend. Bestrebung aller Partikeln, sich zu einer gemeinschaftlichen Fläche zu drängen und daselbst zu häufen. Mässigung der Geschwindigkeit ihrer Bewegung zu einem Gleichgewichte mit der Schwere des Abstandes ihres Orts. Freier Umlauf aller Theilchen um den Centralkörper in Cirkelkreisen. Bildung der Planeten aus diesen bewegten Elementen. Freie Bewegung der daraus zusammengesetzten Planeten in gleicher Richtung im gemeinschaftlichen Plane, nahe beim Mittelpuncte beinahe in Cirkelkreisen, und weiter von demselben mit zunehmenden Graden der Excentricität.

Zweites Haupstück.

Handelt von der verschiedenen Dichtigkeit der Planeten und dem Verhältnisse ihrer Massen. Ursache, woher die nahen Planeten dichterer Art sind, als die entfernten. Unzulänglichkeit der Erklärung des Newton. Woher der

Centralkörper leichterer Art ist, als die nächst um ihn laufenden Kugeln. Verhältniss der Massen der Planeten, nach der Proportion der Entfernungen. Ursache aus der Art der Erzeugung, woher der Centralkörper die grösste Masse hat. Ausrechnung der Dünnigkeit, in welcher alle Elemente der Weltmaterie zerstreut gewesen. Wahrscheinlichkeit und Nothwendigkeit dieser Verdünnung. Wichtiger Beweis der Art der Erzeugung der Himmelskörper aus einer merkwürdigen Analogie des Herrn de Buffon.

Drittes Hauptstück.

Von der Excentricität der Planetenkreise und dem Ursprunge der Cometen. Die Excentricität nimmt gradweise, mit den Entfernungen von der Sonne, zu. Ursache dieses Gesetzes aus der Kosmogonie. Woher die Cometenkreise von dem Plane der Ekliptik frei ausschweifen. Beweis, dass die Cometen aus der leichtesten Gattung des Stoffes gebildet sind. Beiläufige Anmerkung von dem Nordscheine.

Viertes Hauptstück.

Von dem Ursprunge der Monde und den Bewegungen der Planeten um die Achse. Der Stoff zu Erzeugung der Monde war in der Sphäre, daraus der Planet die Theile zu seiner eigenen Bildung sammelte, enthalten. Ursache der Bewegung dieser Monde mit allen Bestimmungen. Woher nur die grossen Planeten Monde haben. Von der Achsendrehung der Planeten. Ob der Mond ehedem eine schnellere gehabt habe? Ob die Geschwindigkeit der Umwälzung der Erde sich vermindere? Von der Stellung der Achse der Planeten gegen den Plan ihrer Kreise. Verrückung ihrer Achse.

Fünftes Hauptstück.

Von dem Ursprunge des Saturnusringes und der Berechnung seiner täglichen Umdrehung aus den Verhältnissen desselben. Erster Zustand des Saturns mit der Beschaffenheit eines Cometen verglichen. Bildung eines Ringes aus den Theilchen seiner Atmosphäre vermittelst der von seinem Umschwunge eingedrückten Bewegungen. Bestimmung der Zeit

Die Verfassung des Weltbaues ist einfach und nicht über die Kräfte der Natur gesetzt. Analogien, die den mechanischen Ursprung der Welt mit Gewissheit bewähren. Eben dasselbe aus den Abweichungen bewiesen. Die Anführung einer unmittelbaren göttlichen Anordnung thut diesen Fragen kein Genüge. Schwierigkeit, die den NEWTON bewog, den mechanischen Lehrbegriff aufzugeben. Auflösung dieser Schwierigkeit. Das vorgetragene System ist das einzige Mittel unter allen möglichen beiderseitigen Gründen ein Genüge zu leisten. Wird ferner durch das Verhältniss der Dichtigkeit der Planeten, ihrer Massen, der Zwischenräume ihres Abstandes und dem stufenartigen Zusammenhange ihrer Bestimmungen erwiesen. Die Bewegungsgründe der Wahl Gottes bestimmen diese Umstände nicht unmittelbar. Rechtfertigung in Ansehung der Religion. Schwierigkeiten, die sich bei einer Lehrverfassung von der unmittelbaren göttlichen Anordnung hervorthun.«

KANT's naturwissenschaftliche Abhandlungen von nicht speculativem Character sind in chronologischer Ordnung die folgenden:

1. »Untersuchung der Frage:

   »»Ob die Erde in ihrer Umdrehung um die Achse, wodurch sie die Abwechselung des Tages und der Nacht hervorbringt, einige Veränderung seit den ersten Zeiten ihres Ursprungs erlitten habe, welches die Ursache daran sei und wodurch man sich ihrer versichern könne?«« welche von der Königlichen Academie der Wissenschaften zu Berlin zum Preise aufgegeben worden. 1754.

2. Die Frage: Ob die Erde veralte? physikalisch erwogen. 1754.
3. Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. 1755.
4. Betrachtung der seit einiger Zeit wahrgenommenen Erderschütterungen. 1755.
5. Geschichte und Naturbeschreibung der merkwürdigsten Vorfälle des Erdbebens, welches an dem Ende des Jahres 1755 einen grossen Theil der Erde erschüttert hat. 1756.
6. Einige Anmerkungen zur Erläuterung der Theorie der Winde. 1756.

7. **Entwurf und Ankündigung eines Collegii der physischen Geographie nebst dem Anhange einer kurzen Betrachtung über die Frage: »»Ob die Westwinde in unseren Gegenden darum feucht sind, weil sie über ein grosses Meer streichen?«« 1765.**
8. **Von den verschiedenen Racen der Menschen. 1775.**
9. **Bestimmung des Begriffes einer Menschenrace. 1785.**
10. **Ueber die Vulcane im Monde. 1785.**
11. **Etwas über den Einfluss des Mondes auf die Witterung. 1794.**
12. **Vorlesungen über physische Geographie. Auf Verlangen KANT's aus seiner Handschrift herausgegeben von Dr. FRIEDRICH THEODOR RINK. 1802.«**

Nach dieser Uebersicht der naturwissenschaftlichen Thätigkeit KANT's kehre ich zur Beschreibung seines Lebens zurück. Die Aussichten, welche KANT an das Erscheinen seiner »allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels« für eine baldige Anstellung knüpfte, gingen nicht in Erfüllung. Er hatte sich im April 1756 vergeblich zu der durch den Tod seines Lehrers KNUTZEN erledigten ausserordentlichen Professur der Mathematik, Logik und Metaphysik gemeldet.

Indessen blieb sein Gesuch unberücksichtigt, indem die Regierung vielleicht durch den nahe drohenden Ausbruch des Krieges bestimmt, überhaupt den Entschluss fasste, die ledig gewordenen ausserordentlichen Professuren nicht mehr besetzen zu wollen.

KANT musste 15 Jahre lang als Privatdocent lesen! Erst im 46. Lebensjahre wurde ihm sein lange gehegter Wunsch erfüllt, auf der vaterländischen Universität den Lehrstuhl der theoretischen Philosophie zu besitzen, die durch ihn ein neues so schwunghaftes Leben gewann. Er blieb von nun an fest entschlossen, auch gegen die ehrenvollsten Einladungen seine Heimath nicht mehr zu verlassen.

Wenn ein Ruf nach Mitau auch bei einem sehr reichlichen Gehalte damals für ihn keinen Reiz mehr gewähren konnte, so bleibt es um so überraschender, dass auch Halle, welches damals mehr als doppelt so viele Studirende als Königsberg zählte, ja sogar die dringendsten Wünsche des von ihm überaus hochgeschätzten Ministers von ZEDLITZ seinen Entschluss nicht zu ändern vermochten.

»Freiherr von ZEDLITZ, dessen gefeierter Name durch seine grossartigen Verdienste um die intellectuelle Cultur sich für immer in den Jahrbüchern des Preussischen Staates ehrenwerth behaupten wird, hatte gleich in den ersten Jahren nach seinem Eintritt in das Ministerium[1]) die Bedeutung KANT's für die Universität erkannt.« FRIEDRICH DER GROSSE selber schätzte KANT, wie dies aus einem sehr interessanten Erlass hervorgeht, welchen SCHUBERT vollständig aus den Acten der philosophischen Facultät (l. c. p. 59—61) mittheilt.

Da dieses Rescript im Hinblicke auf einige im dritten Theile dieser Schrift berührten Zustände gerade in der Gegenwart zu manchen heilsamen Reflexionen Veranlassung geben dürfte, so werde ich mir erlauben, hier einige characteristische Stellen aus jener vor nahe 100 Jahren erlassenen Verordnung FRIEDRICH DES GROSSEN wortgetreu mitzutheilen:

»*Friedrich, König von Preussen u. s. w. Aus den von der dortigen Universität befohlenermaassen eingesandten Tabellen vom Zustande der Universität ergiebt sich zwar, dass die Vorlesungen ordentlich gehalten werden: über die Einrichtung derselben hingegen ist Verschiedenes zu erinnern befunden worden, welches Wir euch hiermit zur Nachachtung bekannt machen:*

1. *Es scheint, dass die Professores mit der neuen Literatur ganz unbekannt oder für das Alte so eingenommen sind, dass sie an den Aufklärungen, Reinigungen und Erweiterungen, welche jede Wissenschaft durch den Fleiss des Neueren erhalten, keinen Geschmack finden, da sie fast durchgehends (einige Lehrer und namentlich die Professores Kant und Reusch ausgenommen) über Lehrbücher lesen, welche zu ihrer Zeit gut waren, jetzt aber bei mehrerer Erleuchtung der Gelehrten durch bessere Werke längst verdrängt sind. . . . . .*
2. *Die Lehrer sollen sich zu dem allgemeinen Zwecke verbinden, dass ein junger Mensch auf der Akademie Gelegenheit zum Unterricht in allen hauptsächlich nützlichen Kenntnissen finde. . . . .*

---

1) Er erhielt das gesammte geistliche Departement und die Oberaufsicht über alle Lehranstalten in den Jahren 1771 und 1772.

3. *Da unsere Landesväterliche Absicht dahin gehet, dass auf unseren Universitäten die Köpfe der Studirenden nicht mit nahrungslosen Subtilitäten verdüstert, sondern aufgeheitert und durch die Philosophie besonders zur Annahme und Anwendung wahrhaft nützlicher Begriffe fähig gemacht werden sollen; so sehen Wir ungern dass auf dortiger Universität die Crusiani'sche Philosophie, über deren Unwerth die erleuchtesten Gelehrten längst eins sind, noch gelehrt wird. . . .*

   So wenig Wir geneigt sind, über individuelle Meinungen herrschen zu wollen, so halten Wir doch für nöthig, der Ausbreitung allgemeiner nutzenlos befundener Meinungen vorzubeugen. . . .

4. *Der Professor Braun muss künftig den Umfang der Wissenschaften, die er vortragen will, reiflich überdenken, und sich der Weitläufigkeit, so viel ihm möglich ist, enthalten. . . .*

5. *Weil Wir voraussetzen, dass die besagten Tabellen pflichtmässig und wahr sind, so gereicht Uns die angerühmte sittliche Aufführung der dort studirenden Jugend zum höchsten Wohlgefallen, wobei ihr aber doch den akademischen Senat alles Ernstes erinnern werdet, in der ihm obliegenden Aufsicht über die Sitten der Studirenden nicht nachlässig zu sein, als welches Wir, wenn ein solcher Fall zu Unserer Kenntniss gelangen sollte, mit grosser Strenge ahnden würden. Auch hoffen wir künftig Anzeigen von eigentlich gelehrten und minder zweideutigen Fleisses Proben als Gelegenheits-Reden sind, zu erhalten, wenn sämmtliche Lehrer, wie sie sollen, das Studium ihrer Wissenschaften stets fortsetzen und bei erweiterten oder berichtigten eigenen Kenntnissen den Zuhörern immer nützlicher werden und denselben wahren Geschmack an den Wissenschaften beibringen.*

Sind euch in Gnaden gewogen.

Gegeben Berlin, den 25. *Dec.* 1775.

Auf Seiner Königlichen Majestät Allerhöchsten Special-Befehl.

An die Ost-Preussische Regierung. Zedlitz.«

Welche Physiognomie würde wohl dieses Rescript erhalten haben, wenn FRIEDRICH DER GROSSE die »Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin« Jahrgang 3, Nr. 3, 1870, zu lesen bekommen hätte? — — —

Da es hier meine Absicht ist, das Leben KANT's nur in soweit zu berücksichtigen, als es einerseits seine Beziehung zu den Naturwissenschaften, andererseits die Grundzüge seines Characters wiederspiegelt, so erlaube ich mir in Folgendem nur noch einige characteristische Züge seines Wesens durch wörtliche Citate aus der erwähnten Biographie hier mitzutheilen. Die beigesetzten Zahlen beziehen sich auf die Seiten der oben citirten Ausgabe von KANT's Werken.

(178) »Sein Herz war sanft und wohlwollend, und sein Gemüth wird von seinen treuesten Freunden in verschiedenen Lebensperioden mit voller Uebereinstimmung ein wahrhaft kindliches genannt. Mit offenem, frischen, munterem und rein auffassendem Sinne gab er sich vertrauensvoll hin, mit aufrichtiger Achtung ehrte er die verschieden gestalteten Kräfte und Eigenschaften in jedem Menschen, und eine seltene Bescheidenheit zierte ihn bei so hoch überragendem Talente in der Beurtheilung der Verdienste anderer. Seine Urtheile über verdienstvolle Männer, seine Bescheidenheit und Hochachtung alles Würdigen und Edlen mussten ihm aller Herzen gewinnen.«

(179) »Seine nie ermattende Liebe der Natur liess ihn alle ihre Werke mit Herzlichkeit umfassen. Von der Fürsorge der Thiere für die Jungen sprach er oft mit Rührung.«

»Kant ehrte die Freiheit in der Forschung und im Selbstdenken. Er bildete sich in den Jahren seiner Kraft nie ein, die Bearbeitung einer Disciplin erschöpfen zu können, und duldete solch eitles Ruhmessprechen auch von seinen Anhängern nicht. Er verabscheute jede Art von Schmeichelei, sowie seine lautere Wahrheitsliebe ihn zum entschiedensten Feind jeder Unwahrheit machte.«

(181) »Unter den glücklichen Menschen seiner Zeit war er einer der glücklichsten, so lange noch nicht die Altersschwäche die rastlose Thätigkeit seines Geistes unterdrückt hatte. KANT blickte hoffnungsvoll in die Zukunft, es werde sich das Menschengeschlecht immer mehr veredeln; sein menschenfreundlicher Sinn und seine Religiosität erhielten in ihm die Meinung von

wachsender Veredlung der Menschheit: es müsse im Plane des Weltregierers liegen, die Menschen zu höherer Vollkommenheit zu führen.« —

»Die Beredsamkeit erklärte er für eine gefährliche und täuschende Kunst, er nannte sie die Sophistik des Ueberredens, und es scheint ihm eine saure Arbeit geworden zu sein, als er einmal während seines zweiten Rectorates zu einer Anrede an das Etats-Ministerium bei der academischen Geburtstagsfeier des Königs FRIEDRICH WILHELM II. verpflichtet war.«

(183) »Er durchlebte Revolutionen mannigfacher Art und hat sie in seinem Geiste überwältigt: er ging als der treueste, biederste Vaterlandsfreund aus seinen Untersuchungen hervor und hat Tausende getreuer Patrioten durch seine Vorträge und Schriften gebildet, die selbstbewusst, wie ihr Lehrer, zum sittlich kräftigen Handeln befähigt waren, und die danach strebten, das in ihnen angezündete Licht der Selbsterkenntniss weiter leuchten zu lassen!«

Da es mir bei dem kurzen Abrisse, welchen ich hier vom Leben KANT's mittheile, wesentlich darauf ankommt, zunächst auch das Herz des Lesers für die Persönlichkeit jenes grossen Denkers zu gewinnen, ehe der Kopf durch die Leistungen seines tief entwickelten Verstandes zur Bewunderung genöthigt wird, so werde ich mir erlauben hier den wesentlichen Inhalt eines Briefes mitzutheilen, welchen KANT im Alter von 36 Jahren zur »Tröstung einer Mutter bei dem Tode ihres Sohnes« geschrieben hat. Es ist mir augenblicklich keine Stelle in KANT's Werken bekannt, welche auf so engem Raume eine solche Fülle edler und das Flüchtige und Wechselvolle des menschlichen Lebens und seiner Hoffnungen umfassender Betrachtungen wiederspiegelt, als dieser Brief. Derselbe ist abgedruckt im VII. Bande der erwähnten Ausgabe[1])

1) In der angeführten Ausgabe trägt das Titelblat zu diesem Briefe, ausser der obigen Bezeichnung noch die folgenden Worte:

»Gedanken bei dem frühzeitigen Ableben des Herrn JOHANN FRIEDRICH VON FUNK, in einem Sendschreiben an die Frau AGNES ELISABETH verwittwete Frau Rittmeister VON FUNK, Geborne VON DORTHÖSEN, Erbfrau der KAYWEN'schen und KAHREN'schen Güter in Kurland, des selig Verstorbenen hochbetrübte Frau Mutter, von M. IMMANUEL KANT, Lehrer der Weltweisheit auf der Academie zu Königsberg.«

von KANT's Werken (p. 127—134) und datirt von Königsberg, den 6. Juni 1760. Er lautet folgendermassen:

»Wenn die Menschen unter das Getümmel ihrer Geschäfte und Zerstreuungen gewohnt wären, bisweilen ernsthafte Augenblicke der lehrreichen Betrachtungen zu mengen, dazu sie das tägliche Beispiel der Eitelkeit unserer Absichten in dem Schicksale ihrer Mitbürger auffordert, so würden ihre Freuden vielleicht weniger rauschend sein, aber die Stelle derselben würde eine ruhige Heiterkeit der Seele einnehmen, der keine Zufälle mehr unerwartet sind, und selbst die sanfte Schwermuth, dieses zärtliche Gefühl, davon ein edles Herz aufschwillt, wenn es in einsamer Stille die Nichtswürdigkeit desjenigen erwägt, was bei uns gemeiniglich für gross und wichtig gilt, würde mehr Glückseligkeit enthalten, als die ungestüme Belustigung des Leichtsinnigen, und das laute Lachen des Thoren.

So aber mengt sich der grösste Haufen der Menschen sehr begierig in das Gedränge derjenigen, die auf der Brücke, welche die Vorsehung über einen Theil des Abgrundes der Ewigkeit geschlagen hat, und die wir Leben heissen, gewissen Wasserblasen nachlaufen, und sich keine Mühe nehmen, auf die Fallbretter Acht zu haben, die Einen nach dem Andern, neben ihnen, in die Tiefe hinabsinken lassen, deren Mass Unendlichkeit ist, und wovon sie selbst endlich mitten in ihrem ungestümen Laufe verschlungen werden. Ein gewisser alter Dichter[1]) bringt in das Gemälde des menschlichen Lebens einen rührenden Zug, indem er den kaum gebornen Menschen abschildert. Das Kind, spricht er, erfüllt alsbald die Luft mit traurigem Winseln, wie es einer Person zusteht, die in eine Welt treten soll, wo so viel Drangsale auf sie warten. Allein in der Folge der Jahre verbindet dieser Mensch mit der Kunst, sich elend zu machen, noch diejenige, es vor sich selbst zu verbergen, durch die Decke, die er auf die traurigen Gegenstände des Lebens wirft, und befleissigt sich einer leichtsinnigen Achtlosigkeit bei der Menge der Uebel, die ihn umgeben, und die ihn gleichwohl unwidersetzlich zu einem weit schmerzhafteren Gefühl endlich zurückführen. Ob ihm gleich

1) LUCREZ.

unter allen Uebeln vor dem Tode am meisten graut, so scheint er doch auf das Beispiel desselben bei seinen Mitbürgern sehr wenig Acht zu haben, ausser wenn nähere Verbindungen seine Aufmerksamkeit vorzüglich erwecken. Zu einer Zeit, da ein wüthender Krieg die Riegel des schwarzen Abgrundes eröffnet, um alle T[illegible]bsale über das menschliche Geschlecht hervorbrechen zu lassen, da sieht man wohl, wie der gewohnte Anblick der Noth und des Todes denen, die selbst mit beiden bedroht werden, eine kaltsinnige Gleichgültigkeit einflösst, dass sie auf das Schicksal ihrer Brüder we[illegible] haben. Allein wenn in der ruhigen Stille des bürgerli[illegible]us, aus dem Cirkel derer, die uns entweder nahe angehen, od[illegible]e wir lieben, die so viel oder mehr versprechende Hoffnu[illegible]en als wir, die mit eben dem Eifer ihren Absichten und En[illegible] nachhingen, als wir thun, wenn diese, sage ich, nach de[illegible]athschlusse Dessen, der allmächtig über Alles gebietet, mitten in dem Laufe ihrer Bestrebungen ergriffen werden, w[illegible] der Tod in feierlicher Stille sich dem Siechbette des Kranken n[illegible] wenn dieser Riese, vor dem die Natur schaudert, mit langsa[illegible] Tritt herankommt, um ihn in eisernen Armen einzuschliessen, [illegible]lsdann erwacht wohl das Gefühl derer, die es sonst in Zerstreuungen ersticken. Ein schwermüthiges Gefühl spricht aus dem Inwendigen des Herzens dasjenige, was in einer Versammlung der Römer einstmals mit so viel Beifall gehört wurde, weil es unserer allgemeinen Empfindung so gemäss ist: I c h b i n e i n M e n s c h, u n d w a s M e n s c h e n w i d e r f ä h r t, k a n n a u c h m i c h t r e f f e n. Der Freund oder auch der Verwandte spricht zu sich selbst: Ich befinde mich im Getümmel von Geschäften und im Gedränge von Lebenspflichten, und mein Freund befand sich vor Kurzem auch in denselben, ich geniesse meines Lebens ruhig und unbekümmert; aber wer weiss wie lange? Ich vergnüge mich mit meinen Freunden und suche ihn unter denselben,

> Ihn aber hält am ernsten Orte,
> Der nichts zurücke lässt,
> Die Ewigkeit mit starkem Arme fest.
>
> Haller.

Ein jeder Mensch macht sich einen eigenen Plan seiner Bestimmung auf dieser Welt. Geschicklichkeiten, die er erwerben

will, Ehre und Gemächlichkeit, die er sich davon aufs künftige verspricht, dauerhafte Glückseligkeiten im ehelichen Leben und eine lange Reihe von Vergnügen oder von Unternehmungen machen die Bilder der Zauberlaterne aus, die er sich sinnreich zeichnet und lebhaft nach einander in seinen Einbildungen spielen lässt; der Tod, der dieses Schattenspiel schliesst, zeigt sich nur in dunkler Ferne und wird durch das Licht, das über die angenehmeren Stellen verbreitet ist, verdunkelt und unkenntlich gemacht. Während dieser Träumereien führt uns unser wahres Schicksal ganz andere Wege. Das Loos, das uns wirklich zu Theil wird, sieht demjenigen selten ähnlich, was wir uns versprachen, wir finden uns bei jedem Schritte, den wir thun, in unsern Erwartungen getäuscht; indessen verfolgt gleichwohl die Einbildung ihr Geschäft, und ermüdet nicht, neue Entwürfe zu zeichnen, bis der Tod, der noch immer fern zu sein scheint, plötzlich dem ganzen Spiele ein Ende macht. Wenn der Mensch aus dieser Welt der Fabeln, davon er durch Einbildungen selbst Schöpfer ist, und darin er sich so gern aufhält, in diejenige durch den Verstand zurückgeführt wird, darin ihn die Vorsehung wirklich gesetzt hat, so wird er durch einen wundersamen Widerspruch in Verwirrung gesetzt, den er daselbst antrifft, und der seine Pläne gänzlich zu nichte macht, indem er seiner Einsicht unauflösliche Räthsel vorlegt. Aufkeimende Verdienste einer hoffnungsvollen Jugend verwelken oft frühzeitig unter der Last schwerer Krankheiten, und ein unwillkommener Tod durchstreicht den ganzen Entwurf der Hoffnung, darauf man gerechnet hatte. Der Mann von Geschicklichkeit, von Verdiensten, von Reichthum, ist nicht immer derjenige, welchem die Vorsehung das weiteste Ziel des Lebens gesteckt hat, um die Früchte von allen diesen recht zu geniessen. Die Freundschaften, die die zärtlichsten sind, die Ehen, die die meisten Glückseligkeiten versprechen, werden oft durch den frühesten Tod unerbittlich zerrissen; indessen, dass Armuth und Elend gemeiniglich an dem Rocken der Parzen einen langen Faden ziehen, und Viele nur scheinen sich oder Andern zur Plage so lange zu leben. In diesem scheinbaren Widerspruche theilt gleichwohl der oberste Beherrscher einem Jedem das Loos seines Schicksals mit weiser Hand aus. Er ver-

birgt das Ende unserer Bestimmung auf dieser Welt in unerforschliche Dunkelheit, macht uns durch Triebe geschäftig, durch Hoffnung getrost, und durch die glückselige Unwissenheit des Künftigen eben so beflissen, auf Absichten und Entwürfe zu sinnen, wenn sie bald alle sollen ein Ende haben, als wenn wir uns im Anfange derselben befänden;

Dass Jeder seinen Kreis vollende, den ihm der Himmel auserseh'n.
POPE.

Wir finden die Wege der Vorsehung allemal weise und anbetungswürdig in den Stücken, wo wir sie einigermassen einsehen können; sollten sie es da nicht noch weit mehr sein, wo wir es nicht können? Ein frühzeitiger Tod derer, von denen wir uns viel schmeichelnde Hoffnung machten, setzt uns in Schrecken; aber wie oft mag nicht dieses eben die grösste Gunst des Himmels sein! Bestand nicht manches Menschen Unglück vornämlich in der Verzögerung des Todes, der gar zu säumig war, nach den rühmlichsten Auftritten des Lebens, zu rechter Zeit einen Abschnitt zu machen?

Es stirbt der hoffnungsvolle Jüngling, und wie viel glauben wir nicht abgebrochener Glückseligkeit, bei so frühem Verluste zu vermissen? Allein im Buche der Schicksale lautet es vielleicht anders. Verführungen, die sich schon von ferne erhoben, um eine noch nicht sehr bewährte Tugend zu stürzen, Trübsale und Widerwärtigkeiten, womit die Zukunft drohte, allem diesem entflohe dieser Glückselige, den ein früher Tod in einer gesegneten Stunde hinwegführte; indessen dass Freunde und Verwandte, unwissend des Künftigen, den Verlust derjenigen Jahre beweinen, von denen sie sich einbilden, dass sie das Leben ihres Angehörigen dereinst rühmlich würden gekrönt haben.«

Nach dieser Abschweifung, welche uns einen flüchtigen Blick in die Tiefen und den inneren Frieden eines der grössten Weisen verschafft hat, kehre ich zur Vollendung des Bildes von KANT's Persönlichkeit zurück.

(185) »Die Regelmässigkeit der Lebensordnung war für KANT ein so heiliges Gesetz, dass er seit seinem Eintritt in ein selbstständiges amtliches Leben, das wir mit der ordentlichen Professur im Jahr 1770 annehmen müssen, wohl nur in sehr wenigen Aus-

nahmefällen davon abgewichen ist. Des Winters wie des Sommers stand er pünctlich um 5 Uhr Morgens auf, indem sein Diener LAMPE, den er seit dieser Zeit in seine Dienste nahm und über dreissig Jahre behielt, ihn mit unerbittlicher Strenge wecken musste, selbst wenn er noch ein längeres Bedürfniss des Schlafes vorschützen wollte. Mit soldatischer Pünctlichkeit führte der Diener diesen Befehl aus und KANT konnte ihn einstmals nach dreissig Jahren in Gegenwart seiner Tischgenossen befragen, ob er sich auch nur einmal in dieser Zeit ein halbes Stündchen vorbehalten hätte. Er erhielt die gemessene Antwort »Nein«.« —

(187) »Für den Schlaf hatte er nur sieben Stunden bestimmt, und gerade die von ihm vor und nach Mitternacht festgesetzten Stunden hielt er für die Basis alles Wohlbefindens.«

(188) »Die strenge Beobachtung eines regelmässigen häuslichen Lebens scheint vorzüglich von ihm als ein Hinderniss betrachtet worden zu sein, in den Ehestand zu treten. Denn über die Frauen sprach er in den späteren Jahren zwar selten, aber stets mit grosser Achtung, wenn gleich er auch von seiner früheren Ansicht nicht abliess, ihnen im Allgemeinen die Herrschsucht vorzuwerfen. Den Ehestand hielt er für ein nothwendiges Bedürfniss, aber Aufmunterungen dazu, die sich auf seine Person bezogen, konnte er nicht ertragen.«

(180) »Seine unerschöpfliche Heiterkeit, die ungetrübte Aussicht in die Zukunft, die hohe Verehrung der in Gesellschaft nur auf ihn Hörenden, welche jeden Andern bis zum Uebermuthe verwöhnt hätten, regten ihn zur rücksichtslosen Mittheilung und nie stockenden Gesprächigkeit an, wobei er durch seine über alle Gegenstände ausgebreiteten Kenntnisse und durch sein willig, fast immer treu reproducirendes Gedächtniss unterstützt wurde.«

(186) »Leute aus allen Ständen waren ihm bei der Mittagstafel lieb, wenn sie nur nicht ihren Stand besonders hervorzuheben oder irgendwie mit Würde und Sprache zu affectiren sich anmassten.«

(197) »Besuche, die ihm von vornehmen Leuten oder von Durchreisenden überhaupt aus reiner Neugierde gemacht wurden, um ihn nur als eine Merkwürdigkeit des Ortes gesehen und in

ihren Taschenbüchern verzeichnet zu haben, brachten ihn stets in ärgerliche Aufwallung.«

(202) »KANT's Zeitalter war nicht das Jahrhundert der Orden und der Titel für Gelehrte. Er besass keinen. Ihm genügte der einfache amtliche Titel des Professors.«

*(198) »Die Wohlthätigkeit übte er gewissenhaft als eine Pflicht gegen die Menschheit, daher aber auch nach reiflich erwogenen Grundsätzen von denen er nicht abwich. Zwecklose Almosen erschienen ihm immer als eine verschuldete Beförderung der Schlechtigkeit unter den Menschen.«

(200) »Sein Wohlwollen äusserte sich aber in der That in der vollkommensten Uebereinstimmung mit seinen festgestellten Maximen, so dass er in Wahrheit einst von sich sagen konnte: »»Wer mir noch in meinen letzten Augenblicken eine gute Handlung vorzuschlagen weiss, dem will ich danken!««

Mit den Worten »es ist gut« gab KANT am 12. Februar 1804 seinen Geist auf. »Sein Tod war ein Aufhören des Lebens und nicht ein gewaltsamer Act der Natur.«

Möge denn das Bild eines so edlen und reinen Characters fortwirkend unter uns ähnliche Eigenschaften entwickeln, damit wir seiner würdig, die uns hinterlassene Erbschaft antreten und weiter zu führen im Stande sind!

Ob die KANT'sche Philosophie auch anderen Nationen die Früchte bringen wird, welche sie unserem Volke allmälig gezeigt hat, muss nach den bisherigen Erfahrungen vorläufig wenigstens als sehr zweifelhaft erscheinen.

Bereits vor 30 Jahren drückte sich SCHUBERT als Biograph KANT's folgendermassen darüber aus:

(4) »KANT's Epoche bei den Engländern und Franzosen scheint erst zu beginnen; — wann sie ihren vollständigen Lauf in Mittel- und Unter-Italien, wann in der Pyrenäischen Halbinsel antreten wird, oder ob es je dazu kommen dürfte, vermag jetzt Keiner zu bestimmen, nicht einmal mit anständigen Scheingründen zu bezweifeln. Denn das wissenschaftliche Leben dieser Länder liegt in der Gegenwart ausserhalb des Bereiches der raschen allgemeinen Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntniss. Wo es nicht die Fortschritte der exacten Wissenschaften gilt, ist hier

nicht selten ein halbes Jahrhundert zu kurz zur einfachen Mittheilung. Und welch' ein Raum liegt noch zwischen der Aneignung einiger allgemeinen Begriffe der KANT'schen Philosophie und dem vollständigen Studium der Werke KANT's!«

Die folgende Zusammenstellung characteristischer Abschnitte aus den oben citirten naturwissenschaftlichen Abhandlungen KANT's mit theilweiser Gegenüberstellung der neuesten Resultate exacter Forscher wird nun zeigen, in wie bewunderungswürdiger Weise die vor nahe 100 Jahren von KANT gefundenen und geahnten Beziehungen mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Die beigesetzten Zahlen beziehen sich auf Band und Seiten der Gesammtausgabe der KANT'schen Werke von SCHUBERT und ROSENKRANZ. Leipzig 1839.

Constitution des Fixsternsystems.

(VI. 77—79.)

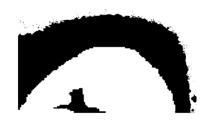
»Jedermann, der den bestirnten Himmel in einer heitern Nacht ansieht, wird denjenigen lichten Streif gewahr, der durch die Menge der Sterne, die daselbst mehr als anderwärts gehäuft sind, und durch ihre sich in der grossen Weite verlierende Kenntlichkeit, ein einförmiges Licht darstellt, welches man mit dem Namen der Milchstrasse benannt hat. Es ist zu bewundern, dass die Beobachter des Himmels durch die Beschaffenheit dieser am Himmel kenntlich unterschiedenen Zone nicht längst bewogen worden, sonderbare Bestimmungen in der Lage der Fixsterne daraus abzunehmen. Denn man sieht ihn die Richtung eines grössten Cirkels, und zwar in ununterbrochenem Zusammenhange, um den ganzen Himmel einnehmen, zwei Bedingungen, die eine so genaue Bestimmung und von dem Unbestimmten des Ungefährs so kenntlich unterschiedene Merkmale mit sich führen, dass aufmerksame Sternkundige natürlicher Weise dadurch hätten veranlasst werden sollen, der Erklärung einer solchen Erscheinung mit Aufmerksamkeit nachzuspüren.

Weil die Sterne nicht auf die scheinbare hohle Himmelssphäre gesetzt sind, sondern, einer weiter als der andere von unserm Gesichtspuncte entfernt, sich in der Tiefe des Himmels verlieren, so folgt aus dieser Erscheinung, dass in den Entfernungen, darin

sie einer hinter dem andern von uns abstehen, sie sich nicht in einer nach allen Seiten gleichgültigen Zerstreuung befinden, sondern sich auf eine gewisse Fläche vornämlich beziehen müssen, die durch unsern Gesichtspunct geht, und welcher sie sich so nahe als möglich zu befinden bestimmt sind.

Diese Beziehung ist ein so ungezweifeltes Phänomenon, dass auch selber die übrigen Sterne, die in dem weisslichen Streife der Milchstrasse nicht begriffen sind, doch um desto gehäufter und dichter gesehen werden, je näher ihre Oerter dem Cirkel der Milchstrasse sind, so dass von den 2000 Sternen, die das blosse Auge am Himmel entdeckt, der grösste Theil in einer nicht gar breiten Zone, deren Mitte die Milchstrasse einnimmt, angetroffen wird.

Wenn wir nun eine Fläche durch den Sternenhimmel hindurch in unbeschränkte Weiten gezogen denken und annehmen: dass zu dieser Fläche alle Fixsterne und Systeme eine allgemeine Beziehung ihres Orts haben, um sich derselben näher als andern Gegenden zu befinden, so wird das Auge, welches sich in dieser Beziehungsfläche befindet, bei seiner Aussicht in das Feld der Gestirne an der hohlen Kugelfläche des Firmaments, diese dichteste Häufung der Sterne in der Richtung solcher gezogenen Fläche unter der Gestalt einer von mehrerem Lichte erleuchteten Zone erblicken. Dieser lichte Streif wird nach der Richtung eines grössten Cirkels fortgehen, weil der Stand des Zuschauers in der Fläche selber ist. In dieser Zone wird es von Sternen wimmeln, welche durch die nicht zu unterscheidende Kleinheit der hellen Puncte, die sich einzeln dem Gesichte entziehen, und durch ihre scheinbare Dichtigkeit, einen einförmig weisslichen Schimmer, mit einem Worte, eine Milchstrasse vorstellig machen. Das übrige Himmelsheer, dessen Beziehung gegen die gezogene Fläche sich nach und nach vermindert, oder welches sich auch dem Stande des Beobachters näher befindet, wird mehr zerstreut, wiewohl doch ihrer Häufung nach, auf eben diesen Plan beziehend gesehen werden. Endlich folgt hieraus, dass unsere Sonnenwelt, weil von ihr aus dieses System der Fixsterne in der Richtung eines grössesten Cirkels gesehen wird, mit in eben derselben grossen Fläche befindlich sei, und mit den übrigen ein System ausmache.«



Eigenbewegung der Fixsterne.
(VI. 81—83.)

»Dieser neue Lehrbegriff aber legt den Sonnen eine fortrückende Bewegung bei, und Jedermann erkennt sie doch als unbewegt, und von Anbeginn her an ihre Oerter geheftet. Die Benennung, die die Fixsterne davon erhalten haben, scheint durch die Beobachtung aller Jahrhunderte bestätigt und ungezweifelt zu sein. Diese Schwierigkeit würde das vorgetragene Lehrgebäude vernichten, wenn sie gegründet wäre. Allein allem Ansehen nach ist dieser Mangel der Bewegung nur etwas Scheinbares. Es ist entweder nur eine ausnehmende Langsamkeit, die von der grossen Entfernung von dem gemeinen Mittelpuncte ihres Umlaufs, oder eine Unmerklichkeit, die durch den Abstand von dem Orte der Beobachtung veranlasst wird. Lasset uns die Wahrscheinlichkeit dieses Begriffs durch die Ausrechnung der Bewegung schätzen, die ein unserer Sonne naher Fixstern haben würde, wenn wir setzten, dass unsere Sonne der Mittelpunct seines Kreises wäre. Wenn seine Weite nach Huygen über 21000 Mal grösser, als der Abstand der Sonne von der Erde angenommen wird; so ist nach dem ausgemachten Gesetze der Umlaufszeiten, die im Verhältniss der Quadratwurzel aus dem Würfel der Entfernungen vom Mittelpuncte stehen, die Zeit, die er anwenden müsste, seinen Cirkel um die Sonne ein Mal zu durchlaufen, von mehr als anderthalb Millionen Jahre, und dieses würde in 4000 Jahren eine Verrückung seines Orts nur um einen Grad setzen. Da nun nur vielleicht sehr wenige Eixsterne der Sonne so nahe sind, als Huygen den Sirius ihr zu sein gemuthmasst hat, da die Entfernung des übrigen Himmelsheeres des letzteren seine vielleicht ungemein übertrifft, und also zu solcher periodischen Umwendung ungleich längere Zeiten erfordern würden, überdies auch wahrscheinlicher ist, dass die Bewegung der Sonnen des Sternenhimmels um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct gehe, dessen Abstand ungemein gross, und die Fortrückung der Sterne daher überaus langsam sein kann: so lässt sich hieraus mit Wahrscheinlichkeit abnehmen, dass alle Zeit, seit der man Beobachtungen am Himmel angestellt hat, vielleicht noch nicht hinlänglich sei, die Veränderung, die in ihren Stellungen vorgegangen, zu bemerken. Man darf indessen noch nicht die Hoffnung aufgeben, auch diese mit der Zeit zu entdecken.

Es werden subtile und sorgfältige Aufmerker, ingleichen eine Vergleichung weit von einander abstehender Beobachtungen dazu erfordert. Man müsste diese Beobachtungen vornämlich auf die Sterne der Milchstrasse richten,[1]) welche der Hauptplan aller Bewegung ist. Herr BRADLEY hat beinahe unmerkliche Fortrückungen der Sterne beobachtet. Die Alten haben Sterne an gewissen Stellen des Himmels gemerkt, und wir sehen neue an andern. Wer weiss, waren es nicht die vorigen, die nur den Ort geändert haben. Die Vortrefflichkeit der Werkzeuge und die Vollkommenheit der Sternenwissenschaft machen uns gegründete Hoffnung zu Entdeckung so sonderbarer Merkwürdigkeiten.[2]) Die Glaubwürdigkeit der Sache selber aus den Gründen der Natur und der Analogie unterstützen diese Hoffnung so gut, dass sie die Aufmerksamkeit der Naturforscher reizen können, sie in Erfüllung zu bringen.«

Die Nebel als entfernte Fixsternsysteme.

(VI. 84—85.)

»Ich komme zu demjenigen Theile des vorgetragenen Lehrbegriffs, der ihn durch die erhabene Vorstellung, welche er von dem Plane der Schöpfung darstellt, am meisten reizend macht. Die Reihe der Gedanken, die mich darauf geleitet haben, ist kurz und ungekünstelt; sie besteht in Folgendem. Wenn ein System von Fixsternen, welche in ihren Lagen sich auf eine gemeinschaftliche Fläche beziehen, so wie wir die Milchstrasse entworfen haben, so weit von uns entfernt ist, dass alle Kenntlichkeit der einzelnen Sterne, daraus es besteht, sogar dem Sehrohre nicht mehr empfindlich ist; wenn seine Entfernung zu der Entfernung der Sterne der Milchstrasse eben das Verhältniss, als diese zum Abstande der Sonne von uns hat; kurz, wenn eine solche Welt von Fixsternen in einem so unermess-

---

1) Ingleichen auf diejenigen Haufen von Sternen, deren viele in einem kleinen Raume bei einander sind, als z. E. das Siebengestirn, welche vielleicht unter sich ein kleines System in dem grösseren ausmachen.

2) DE LA HIRE bemerkt in den Mémoires der Academie zu Paris vom Jahr 1693, er habe sowohl aus eigenen Beobachtungen, als auch aus Vergleichung derselben mit denen des RICCIOLUS eine starke Aenderung in den Stellungen der Sterne Siebengestirns wahrgenommen.

lichen Abstande von dem Auge des Beobachters, das sich ausserhalb desselben befindet, angeschaut wird, so wird dieselbe unter einem kleinen Winkel als ein mit schwachem Lichte erleuchtetes Räumchen erscheinen, dessen Figur cirkelrund sein wird, wenn seine Fläche sich dem Auge geradezu darbietet, und elliptisch, wenn es von der Seite gesehen wird. Die Schwäche des Lichts, die Figur und die kennbare Grösse des Durchmessers werden ein solches Phänomenon, wenn es vorhanden ist, von allen Sternen, die einzeln gesehen werden, gar deutlich unterscheiden.

Man darf sich unter den Beobachtungen der Sternkundigen nicht lange nach dieser Erscheinung umsehen. Sie ist von unterschiedlichen Beobachtern deutlich wahrgenommen worden. Man hat sich über ihre Seltsamkeit verwundert; man hat gemuthmasst und bisweilen wunderlichen Einbildungen, bisweilen scheinbaren Begriffen, die aber doch eben so ungegründet, als die erstern waren, Platz gegeben. Die neblichen Sterne sind es, welche wir meinen, oder vielmehr eine Gattung derselben, die der Herr von MAUPERTUIS so beschreibt[1]): dass es kleine, etwas mehr als das Finstere des leeren Himmelsraums erleuchtete Plätzchen seien, die alle darin übereinkommen, dass sie mehr oder weniger offene Ellipsen vorstellen, aber deren Licht weit schwächer ist, als irgend ein anderes, das man am Himmel gewahr wird.«

Die Hypothese über den Ursprung und die Entwickelung des Planetensystems.

(VI. 93—103.)

Bei den folgenden Mittheilungen beziehen sich die Citate von Worten KANT's wie bisher auf die oben bezeichnete Ausgabe seiner Werke. Die Worte von LAPLACE dagegen auf die zweite Auflage seiner: Exposition du système du monde. Paris 1799. Die erste Auflage erschien im Jahre 1796 und unterscheidet sich bezüglich der hier zur Sprache kommenden Hypothese von der zweiten Auflage

1) Abhanldung von der Figur der Sterne.

nur durch den Mangel von sechs Zeilen, welche sich auf das Zodiakallicht beziehen und weiter unten mitgetheilt sind.

Es mögen zunächst die folgenden Worte KANT's den Anfang machen:

(p. 95) »In der jetzigen Verfassung des Raumes, darin die Kugeln der ganzen Planetenwelt umlaufen, ist keine materiale Ursache vorhanden, die ihre Bewegungen eindrücken oder richten könnte. Dieser Raum ist vollkommen leer, oder wenigstens so gut als leer; also muss er ehemals anders beschaffen und mit genugsam vermögender Materie erfüllt gewesen sein, die Bewegung auf alle darin befindliche Himmelskörper zu übertragen, und sie mit der ihrigen, folglich alle untereinander einstimmig zu machen, und nachdem die Anziehung besagte Räume gereinigt und alle ausgebreitete Materie in besondere Klumpen versammelt, so müssen die Planeten nunmehr, mit der einmal eingedrückten Bewegung, ihre Umläufe in einem nicht widerstehenden Raume frei und unverändert fortsetzen. Die Gründe der zuerst angeführten Wahrscheinlichkeit erfordern durchaus diesen Begriff, und weil zwischen beiden kein dritter möglich ist; so kann dieser mit einer vorzüglichen Art des Beifalles, welcher ihn über die Scheinbarkeit einer Hypothese erhebt, angesehen werden. Man könnte, wenn man weitläufig sein wollte, durch eine Reihe aus einander gefolgerter Schlüsse, nach der Art einer mathematischen Methode mit allem Gepränge, das diese mit sich führt und noch mit grösserem Schein, als ihr Aufzug in physischen Materien gemeinhin zu sein pflegt, endlich auf den Entwurf selber kommen, den ich von dem Ursprunge des Weltgebäudes darlegen werde; allein ich will meine Meinungen lieber in der Gestalt einer Hypothese vortragen, und der Einsicht des Lesers es überlassen, ihre Würdigkeit zu prüfen, als durch den Schein einer erschlichenen Ueberführung ihre Gültigkeit verdächtig machen, und, indem ich die Unwissenden einnehme, den Beifall der Kenner verlieren.

KANT.
(1754.)

(93) »Wenn man eines Theils erwägt, dass 6 Planeten mit 9 Begleitern, die um die Sonne, als ihren Mittelpunct,

LAPLACE.
(1796.)

(343) »Ainsi l'on a, pour remonter à la cause des mouvements primitifs du système planétaire, les cinq phénomènes

Kant.

Kreise beschreiben, alle nach einer Seite sich bewegen, und zwar nach derjenigen, nach welcher sich die Sonne selber dreht, welche ihrer aller Umläufe durch die Kraft der Anziehung regiert, dass ihre Kreise nicht weit von einer gemeinen Fläche abweichen, nämlich von der verlängerten Aequatorsfläche der Sonnen, dass bei den entferntesten der zur Sonnenwelt gehörigen Himmelskörper, wo die gemeinsame Ursache der Bewegung dem Vermuthen nach nicht so kräftig gewesen, als in der Nahheit zum Mittelpuncte, Abweichungen von der Genauheit dieser Bestimmungen stattgefunden, die mit dem Mangel der eingedrückten Bewegung ein genugsames Verhältniss haben, wenn man, sage ich, allen diesen Zusammenhang erwägt, so wird man bewogen, zu glauben, dass eine Ursache, welche es auch sei, einen durchgängigen Einfluss in dem ganzen Raume des Systems gehabt hat, und dass die Einträchtigkeit in der Richtung und Stellung der planetarischen Kreise eine Folge der Uebereinstimmung sei, die sie alle mit derjenigen materialen Ursache gehabt haben müssen, dadurch sie in Bewegung gesetzt worden.«

(95) »Ich nehme an, dass alle Materien daraus die Kugeln, die zu unserer Sonnenwelt gehören, alle Planeten und Cometen bestehen, im Anfange aller Dinge in ihren elementarischen Grundstoff aufgelöst, den ganzen Raum des Weltgebäudes erfüllt haben, darin jetzt diese gebildeten Körper herumlaufen.«

(101. 102) »Die Planeten bilden sich aus Theilchen, welche in der Höhe[1], da sie schweben,

1) Abstand von der Sonne.

Laplace.

suivants: 1°. les mouvements des planètes dans le même sens, et à-peu-près dans un même plan; 2°. les mouvements des satellites dans le même sens que ceux des planètes; 3°. les mouvements de rotation de ces différens corps et du soleil, dans le même sens que leurs mouvements de projection, et dans des plans peu différents; 4°. le peu d'excentricité des orbes des planètes et des satellites; 5°. enfin, la grande excentricité des comètes, quoique leurs inclinaisons aient été abandonnées au hasard.«

(345) »Voyons s'il est possible de s'élever à leur véritable cause. — Quelle que soit sa nature; puisqu'elle a produit ou dirigé les mouvements des planètes et des satellites, il faut qu'elle ait embrassé tous ces corps; et vu la distance prodigieuse qui les sépare, elle ne peut avoir été qu'un fluide d'une immense étendue. Pour leur avoir donné dans le même sens un mouvement presque circulaire autour du soleil, il faut que ce fluide ait environné cet astre, comme une atmosphère. La considération des mouvements planétaires nous conduit donc à penser qu'en vertu d'une chaleur excessive, l'atmosphère du soleil s'est primitivement étendue au-delà des orbes de toutes les planètes, et qu'elle s'est reserrée successivement, jusqu'a ses limites actuelles.«

(346) »Mais comment a-t-elle déterminé les mouvements de révolution et de rotation des planètes? Si ces corps avaient pénétre dans ce fluide, sa résistance les aurait fait tomber sur le soleil; on peut donc conjecturer qu'ils ont été formes aux limites successives de cette atmosphère, par la condensation des zônes qu'elles a dû abandon-

genaue Bewegungen zu Cirkelkreisen haben: also werden die aus ihnen zusammengesetzten Massen eben dieselben Bewegungen, in eben dem Grade, nach eben derselben Richtung fortsetzen. Dieses ist genug, um einzusehen, woher die Bewegung der Planeten ungefähr cirkelförmig, und ihre Kreise auf einer Fläche sind.«

(122) »Die Bestrebung eines Planeten, aus dem Umfange der elementarischen Materie sich zu bilden, ist zugleich die Ursache seiner Achsendrehung, und erzeugt die Monde, die um ihn laufen sollen. Was die Sonne mit ihren Planeten im Grossen ist, das stellt ein Planet, der eine weit ausgedehnte Anziehungssphäre hat, im Kleinern vor, nämlich das Hauptstück eines Systems, dessen Theile durch die Attraction des Centralkörpers in Bewegung gesetzt werden.«

(133, 134) »Auf solche Weise ändert der Dunstkreis seine Gestalt, welche eine erfüllte Sphäre war, in eine Form einer ausgebreiteten Fläche, welche gerade mit dem Aequator des Saturn zusammentrifft; aber auch diese Fläche muss aus eben denselben mechanischen Gründen zuletzt die Form eines Ringes annehmen. . . . Der inwendige Rand dieses entspringenden Ringes wird durch das Verhältniss der Geschwindigkeit des Planeten unter seinem Aequator bestimmt. Denn in demjenigen Abstande von seinem Mittelpuncte, da diese Geschwindigkeit mit der Attraction des Ortes das Gleichgewicht leistet, da ist die grösste Nähe, in welcher die von seinem Körper aufgestiegenen Theilchen, durch die von der Achsendrehung eigene Bewegung, Cirkelkreise beschreiben können.«

(148) Von dem Zodiakallichte. Die Sonne ist mit einem subtilen

ner dans le plan de son équateur, en se refroidissant et en se condensant à la surface de cet astre; comme on l'a vu dans le livre précédent.

On peut conjecturer encore que les satellites ont été formés d'une manière semblable, par les atmosphères des planètes.«

(246) »Le point où la force centrifuge balance la pesanteur, est d'autant plus près du corps, que le mouvement de rotation est plus rapide. En concevant que l'atmosphère s'étende jusqu'à cette limite, et qu'ensuite elle se resserre et se condense par le refroidissement, à la surface du corps; le mouvement de rotation deviendra de plus en plus rapide, et la plus grande limite de l'atmosphère se rapprochera sans cesse de son centre.

L'atmosphère abandonnera donc successivement, dans le plan de son équateur, des zônes fluides qui continueront de circuler autour du corps, puisque leur force centrifuge est égale à leur pesanteur: mais cette égalité n'ayant point lieu relativement aux molécules de l'atmosphère, éloignées de l'équateur; elles ne cesseront point de lui appartenir.

Il est vraisemblable que les anneaux de Saturne sont des zônes pareilles, abandonnés par son atmosphère.«

(346) »Enfin, si dans les zônes abandonnées successivement par l'atmosphère solaire il s'est trouvé des molécules trop volatiles pour s'unir entr'elles ou aux corps célestes; elles doivent, en continuant de circuler autour du soleil, nous offrir toutes les apparences de la lumière zodiacale, sans opposer une résistance sensible aux mouvements des planètes.«

(389. 3. Ed.) »Buffon est le seul que je connaisse, qui depuis la découverte du vrai système du monde, ait essayé

KANT.	LAPLACE.
und dunstigen Wesen umgeben, welches in der Fläche ihres Aequators mit einer nur geringen Ausbreitung auf beiden Seiten, bis zu einer grossen Höhe sie umgiebt, wovon man nicht versichert sein kann, ob es, wie Herr VON MAIRAN es abbildet, in der Figur eines erhabenen geschliffenen Glases (figura lenticulari), mit der Oberfläche der Sonne zusammenstösst, oder wie der Ring des Saturn allenthalben von ihm absteht. Es sei nun das Eine oder das Andere, so bleibt Aehnlichkeit genug übrig, um dieses Phänomenon mit dem Ringe des Saturn in Vergleichung zu stellen und es aus einem übereinkommenden Ursprunge herzuleiten.« (150) »Die gegenwärtige Erklärung hat keine andere Würdigkeit als diejenige, welche Muthmassungen zukommt.«	de remonter à l'origine des planètes et des satellites. Il suppose qu'une comète, en tombant sur le soleil, en a chassé un torrent de matière qui s'est réunie au loin, en divers globes plus ou moins grands, et plus ou moins éloignés de cet astre: ces globes devenus par leur refroidissement, opaques et solides, sont les planètes et leur satellites.« (392 ibid.) »Quoi qu'il en soit de cette origine du système planétaire, que je présente avec la défiance que doit inspirer tout ce qui n'est point un résultat de l'observation ou du calcul; il est certain que ses éléments sont ordonnés de manière qu'il doit jouir de la plus grande stabilité, si des causes étrangères ne viennent point la troubler.«

Das Angeführte ist Alles, was LAPLACE über die Hypothese vom Ursprunge und der Entwickelung des Planetensystemes in seiner »Exposition du système du monde« (2. Auflage) mittheilt.

Die folgenden Stellen werden nun zur Genüge beweisen, um wie viel gründlicher und umfassender sich KANT mit den hierauf bezüglichen Fragen beschäftigt hat.

Ursprung, Rotationszeit und Zusammensetzung des Saturnringes aus einzelnen Ringen.

(145) »Was mich aber fast versichert macht, dass der Ring, welcher den Saturn umgiebt, ihm nicht auf diejenige allgemeine Art entstanden, und durch die allgemeinen Bildungsgesetze erzeugt worden, die durch das ganze System der Planeten geherrscht, und dem Saturn auch seine Trabanten verschafft hat, dass, sage ich, diese äusserliche Materie nicht ihren Stoff dazu hergegeben, sondern er ein Geschöpf des Planeten selber sei, der seine flüchtigsten Theile durch die Wärme erhoben, und ihnen durch seine eigene Achsendrehung den Schwung zur Umwendung ertheilt hat, ist dieses, dass der Ring nicht so wie die andern Trabanten desselben und wie überhaupt alle umlaufende Körper, die in der Begleitung der Hauptplaneten befindlich sind, in der allgemeinen

Beziehungsfläche der planetarischen Bewegungen gerichtet ist, sondern von ihr sehr abweicht, welches ein sicherer Beweis ist, dass er nicht aus dem allgemeinen Grundstoffe gebildet, und seine Bewegung aus dessen Herabsinken bekommen, sondern von dem Planeten, nach längst vollendeter Bildung aufgestiegen, und durch dessen eingepflanzte Umschwungskräfte als sein abgeschiedener Theil, eine sich auf desselben Achsendrehung beziehende Bewegung und Richtung bekommen habe.«

(135) »Wir wollen nunmehr die Zeit der Achsendrehung dieses Himmelskörpers aus den Verhältniss[illegible] seines Ringes nach der angeführten Hypothese seiner Erzeugu[illegible], berechnen.« (Vgl. p. 356.)

(139—142) »Wir haben aus der E[illegible]ugung des Saturnschen Ringes Anlass genommen, den kühnen Schritt zu wagen, die Zeit der Achsendrehung, welche die Ferngläser zu en[illegible]decken nicht vermögen, ihm durch Rechnung zu bestimmen. Lasset uns die Probe einer physischen Vorhersagung noch mit einer andern an eben diesem Planeten vermehren, welche von vollkommeneren Werkzeugen künftiger Zeiten das Zeugniss ihrer Richtigkeit zu e[illegible]rten hat.

Der Voraussetzung gemäss: d[illegible] der Ring des Saturn eine Häufung der Theilchen sei, die, n[illegible]dem sie von der Oberfläche dieses Himmelskörpers als Dünste a[illegible]fgestiegen, sich vermöge des Schwunges, den sie von der Achsendrehung desselben an sich haben und fortsetzen, in der Höhe ihres Abstandes frei in Zirkeln laufend erhalten, haben dieselben nicht in allen ihren Entfernungen vom Mittelpuncte gleiche periodische Umlaufszeiten; sondern diese verhalten sich vielmehr, wie die Quadratwurzeln, aus den Würfeln ihres Abstandes, wenn sie sich durch die Gesetze der Centralkräfte schwebend erhalten sollen. Nun ist die Zeit, darin, nach dieser Hypothese, die Theilchen des inwendigen Randes ihren Lauf verrichten, ungefähr wie 10 Stunden, und die Zeit des Cirkellaufs der Partikeln im auswendigen Rande ist, nach gehöriger Ausrechnung, 15 Stunden; also, wenn die niedrigsten Theile des Ringes ihren Umlauf drei Mal verrichtet haben, haben es die entferntesten nur zwei Mal gethan. Es ist aber wahrscheinlich, man mag die Hindernisse, die die Partikeln bei ihrer grossen Zerstreuung in der Ebene des Ringes einander leisten, so gering schätzen, als man will, dass das Nachbleiben der entferntern Theilchen, bei jeglichem ihrer Umläufe,

die schneller bewegten niedrigen Theile nach und nach verzögern und aufhalten, dagegen diese den obern einen Theil ihrer Bewegung, zu einer geschwindern Umwendung, eindrücken müssen, welches, wenn diese Wechselwirkung nicht endlich unterbrochen würde, so lange dauern würde, bis die Theilchen des Ringes alle dahin gebracht wären, sowohl die niedrigen, als die weiten, in gleicher Zeit sich herumzuwenden, als in welchem Zustande sie in respectiver Ruhe gegen einander sein, und durch die Wegrückung keine Wirkung in einander thun würden. Nun würde aber ein solcher Zustand, wenn die Bewegung des Ringes dahin ausschlüge, denselben gänzlich zerstören, weil, wenn man die Mitte von der Ebene des Ringes nimmt, und setzt, dass daselbst die Bewegung in dem Zustande verbleibe, darin sie vorher war und sein muss, um einen freien Zirkellauf leisten zu können, die untern Theilchen, weil sie sehr zurückgehalten worden, sich nicht in ihrer Höhe schwebend erhalten, sondern in schiefen und excentrischen Bewegungen einander durchkreuzen, die entfernteren aber durch den Eindruck einer grössern Bewegung, als sie für die Centralkraft ihres Abstandes sein soll, weiter von der Sonne abgewandt, als die Sonnenwirkung die äussere Grenze des Ringes bestimmt, durch dieselbe hinter dem Planeten zerstreut und fortgeführt werden müssten.

Allein, man darf alle diese Unordnung nicht befürchten. Der Mechanismus der erzeugenden Bewegung des Ringes führt auf eine Bestimmung, die denselben, vermittelst eben der Ursachen, die ihn zerstören sollen, in einen sichern Zustand versetzt, dadurch, *dass er in etliche concentrische Cirkelstreifen getheilt wird, welche wegen der Zwischenräume, die sie absondern, keine Gemeinschaft mehr untereinander haben.* Denn indem die Partikeln, die in dem inwendigen Rande des Ringes umlaufen, die obern durch ihre schnellere Bewegung etwas fortführen, und ihren Umlauf beschleunigen; so verursachen die vermehrten Grade der Geschwindigkeit in diesen ein Uebermass der Centrifugalkraft, und eine Entfernung, von dem Orte, da sie schwebten. Wenn man aber voraussetzt, dass, indem dieselben sich von den niedrigen zu trennen bestreben, sie einen gewissen Zusammenhang zu überwinden haben, der, ob es zwar zerstreute Dünste sind, dennoch bei diesen nicht ganz nichts bedeutend zu sein scheint, so wird dieser vermehrte Grad des

Schwunges gedachten Zusammenhang zu überwinden trachten, aber selbigen nicht überwinden, so lange der Ueberschuss der Centrifugalkraft, die er in gleicher Umlaufszeit mit den niedrigsten anwendet, über die Centralkraft ihres Orts, dieses Anhängen nicht übertrifft. Und aus diesem Grunde muss in einer gewissen Breite eines Streifens von diesem Ringe, obgleich, weil dessen Theile in gleicher Zeit ihren Umlauf verrichten, die oberen eine Bestrebung anwenden, sich von den untern abzureissen, dennoch der Zusammenhang bestehen, aber nicht in grösserer Breite, weil, indem die Geschwindigkeit dieser in gleichen Zeiten unbewegten Theilchen mit den Entfernungen, also mehr, als sie es nach den Centralgesetzen thun sollte, zunimmt, wenn sie den Grad überschritten hat, den der Zusammenhang der Dunstheilchen leisten kann, von diesen sich abreissen und einen Abstand annehmen müssen, welcher dem Ueberschusse der Umwendungskraft über die Centralkraft des Orts gemäss ist. Auf diese Weise wird der Zwischenraum bestimmt, der den ersten Streifen des Ringes von den übrigen absondert, und auf gleiche Weise macht die beschleunigte Bewegung der obern Theilchen, durch den schnellen Umlauf der untern, und der Zusammenhang derselben, welcher die Trennung zu hindern trachtet, den zweiten concentrischen Ring, von welchem der dritte um eine mässige Zwischenweite absteht. Man könnte die Zahl dieser Cirkelstreifen, und die Breite ihrer Zwischenräume, ausrechnen, wenn der Grad des Zusammenhanges bekannt wäre, welcher die Theilchen an einander hängt; allein wir können uns begnügen, überhaupt die Zusammensetzung des Saturnschen Ringes, die dessen Zerstörung vorbeugt, und ihn durch freie Bewegungen schwebend erhält, mit gutem Grunde der Wahrscheinlichkeit errathen zu haben.

Diese Muthmassung vergnügt mich nicht wenig, vermittelst der Hoffnung, selbige noch wohl dereinst durch wirkliche Beobachtungen bestätigt zu sehen.«

Die Lage des Mond-Schwerpunctes.

Die folgende Stelle gehört vielleicht zu den merkwürdigsten und zugleich interessantesten Beweisen für die Sicherheit, mit welcher Kant aus physischen Ursachen Thatsachen als wahrscheinlich

zu folgern verstand, welche viel später Beobachtung und Theorie als sicher begründete Wahrheiten erwiesen haben.

Bekanntlich ist HANSEN im Laufe seiner theoretischen Untersuchungen über die Mondstörungen zu dem merkwürdigen Resultate gelangt, dass der Schwerpunct des Mondes nicht mit dem Mittelpuncte seiner Figur zusammenfällt, sondern weiter als der letztere von uns entfernt ist, d. h. in der uns abgewandten Hälfte des Mondes liegt. Er theilt diese Thatsache gleichzeitig mit einer Vermuthung über die physischen Ursachen jenes merkwürdigen Verhältnisses in einem Briefe d. d. Gotha 1854 November 4 an den Königl. Astronomen AIRY in Greenwich mit. Ich werde mir erlauben, den Inhalt dieses Briefes in deutscher Uebersetzung aus FECHNER's Schrift: »Professor SCHLEIDEN und der Mond« hier auszugsweise mitzutheilen und mit entsprechenden Stellen aus KANT's Abhandlung: »Ueber den Einfluss des Mondes auf die Witterung« Bd. VI. p. 406 zusammenzustellen:

KANT.
1794.

»Nach anderweitigen bewundernswürdigen Entdeckungen eben desselben Astronomen (SCHRÖTER), die Structur der Mondfläche betreffend, scheint die uns zugekehrte Hälfte des Mondes ein einer ausgebrannten vulcanischen Schlacke ähnlicher und unbewohnbarer Körper zu sein. Wenn man aber annimmt, dass die Eruptionen der elastischen Materien aus dem Innern desselben, so lange er noch im Zustande der Flüssigkeit war, sich mehr nach der der Erde zugekehrten, als von ihr abgekehrten Seite gewandt haben (welches, da der Unterschied der Anziehungen der ersteren von der des Mittelpunctes des Mondes grösser ist, als der zwischen der Anziehung des Mittelpuncts und der abgekehrten Seite, und elastische in einem Flüssigen aufsteigende Materien desto mehr sich ausdehnen, je weniger sie gedrückt werden, beim Erstarren dieses Weltkörpers auch grössere Höhlungen im Inwendigen desselben

HANSEN.
1854.

»Erlauben Sie mir zum Schluss einige wenige Bemerkungen über vorstehende Erklärung der Vergrösserung der Coefficienten der Mondstörungen. Aus dem oben angeführten Werthe des Factors folgt, dass der Mittelpunct der Figur des Mondes ungefähr 59000 Meter, d. i. ungefähr 8 geographische Meilen (15 Meilen auf einen Aequatorgrad gerechnet) näher nach uns zu als der Schwerpunct liegt; wonach zwischen der uns zugekehrten und der von uns abgekehrten Mondhemisphäre ein beträchtlicher Unterschied in Betreff des Niveau, des Klima und aller andern davon abhängigen Umstände stattfinden muss. . . .«

»Unter solchen Umständen haben wir uns nicht zu wundern, dass der Mond, von der Erde aus gesehen, ein dürres Aussehen hat, weder eine Atmosphäre, noch thierisches oder pflanzliches Leben zeigt. Denn wenn auf dem Monde ein verhältnissmässig eben so hoher Berg

KANT.

auf der ersteren, als der letzteren Hälfte hat zurück lassen müssen); so wird man sich gar wohl denken können, dass der Mittelpunct der Schwere mit dem der Grösse dieses Kör- rs nicht zusammentreffen, rn zu der abgekehrten hin liegen werde, welches dann zur Folge haben würde, dass Wasser und Luft, die sich etwa auf diesem Erdtrabanten befinden möchten, die erstere Seite verlassen, und indem sie auf die zweite abflossen, diese dadurch allein bewohnbar gemacht hätten.«

HANSEN.

existirte, der also eine Höhe von 216000 Meter oder 29 geographischen Meilen hätte, so würde auf seinem Gipfel nicht die geringste Spur einer Atmosphäre oder von irgend etwas, was davon abhängt, vorhanden sein.«

»Fragen wir jetzt nach der Ursache dieser Beschaffenheit des Mondes, so halte ich es nicht für unmöglich, dass vulkanische und andere ähnliche Kräfte im Innern dieses Weltkörpers bei Weitem weniger Widerstand auf einer seiner Halbkugeln als auf der andern gefunden und daher viel grössere Erhebungen der Oberfläche auf der ersteren als letzteren bewirkt haben.«

Ueber die physische Beschaffenheit der Cometen.

(119—121) »Die specifische Dichtigkeit des Stoffes, woraus die Cometen entstehen, ist von mehrerer Merkwürdigkeit, als die Grösse ihrer Massen. Vermuthlich, da sie in [illegible]bersten Gegend des Weltgebäudes sich bilden, sind die Th[illegible] ihres Zusammensatzes von der leichtesten Gattung, und man darf nicht zweifeln, dass dieses die vornehmste Ursache der Dunstkugeln und der Schweife sei, womit sie sich vor andern Himmelskörpern kenntlich machen. Man kann der Wirkung der Sonnenhitze diese Zerstreuung der cometischen Materien in einen Dunst nicht hauptsächlich beimessen; einige Cometen erreichen in ihrer Sonnennähe kaum die Tiefe des Erdcirkels; viele bleiben zwischen dem Kreise der Erde und der Venus, und kehren sodann zurück. Wenn ein so gemässigter Grad Hitze die Materien auf der Oberfläche dieser Körper dermassen auflöst und verdünnt, so müssen sie nicht aus dem leichtesten Stoffe bestehen, der durch die Wärme mehr Verdünnung, als irgend eine Materie in der ganzen Natur, leidet.

Man kann auch diese von dem Cometen so häufig aufsteigenden Dünste der Hitze nicht beimessen, die sein Körper von der etwa ehemaligen Sonnennähe übrig behalten hat; denn es ist zwar zu vermuthen, dass ein Comet zur Zeit seiner Bildung etliche Umläufe mit grösserer Excentricität zurückgelegt hat, und diese nur nach

und nach vermindert worden; allein die andern Planeten, von denen man eben dasselbe vermuthen könnte, zeigen dieses Phänomenon nicht. Indessen würden sie es an sich zeigen, wenn die Sorten der leichtesten Materie, die in dem Zusammensatze des Planeten begriffen sind, eben so häufig, als bei den Cometen vorhanden wären.

Die Erde hat etwas an sich, das man mit der Ausbreitung der cometischen Dünste und ihren Schweifen vergleichen kann. Dieses sind die Nordlichter. Die feinsten Partikeln, die die Sonnenwirkung aus ihrer Oberfläche zieht, häufen sich um einen von den Polen, wenn die Sonne den halben Cirkel ihres Laufes auf der entgegengesetzten Halbkugel verrichtet. Die feinsten und wirksamsten Theilchen, die in dem brennenden Erdgürtel aufsteigen, nachdem sie eine gewisse Höhe der Atmosphäre erreicht haben, werden durch die Wirkung der Sonnenstrahlen genöthigt, in diejenigen Gegenden zu weichen und sich zu häufen, die alsdann von der Sonne abgewandt, und in einer langen Nacht begraben sind, und vergüten den Bewohnern der Eiszone die Abwesenheit des grossen Lichts, welches ihnen auch in dieser Entfernung die Wirkungen ihrer Wärme zuschickt. Eben dieselbe Kraft der Sonnenstrahlen, welche die Nordlichter macht, würde einen Dunstkreis mit einem Schweife hervorbringen, wenn die feinsten und flüchtigen Partikeln auf der Erde eben so häufig, als auf dem Cometen anzutreffen wären.«

Verzögerung der Rotationsgeschwindigkeit der Erde durch den Einfluss von Ebbe und Fluth.

Am 15. April 1863 übergab Herr P. A. Hansen der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig eine Abhandlung, welche betitelt ist:

> »Einige Bemerkungen über die Säcularänderung der mittleren Länge des Mondes.« (Berichte der K. S. Ges. d. W. 1863. Bd. XV. p. 1—9.)

Hansen bemerkt als Einleitung zu seinen Untersuchungen Folgendes:

Es ist bekannt, das nach dem Erscheinen meiner Mondtafeln von den Herren ADAMS und DELAUNAY eine Säcularänderung der mittleren Länge des Mondes berechnet worden ist, die bedeutend — sehr nahe 6" — kleiner ist, wie die in den Mondtafeln angewandte. Das Verfahren, welches ADAMS und DELAUNAY bei dieser Berechnung angewandt haben, ist durch die von ihnen darüber veröffentlichten Aufsätze bekannt, und auch ich habe wenigstens schon (Monthly Notices Vol. XXII. Nr. 1) das Characteristische meines Verfahrens angegeben und werde die Einzelheiten in der zweiten Abhandlung über die Berechnung der Mondstörungen, die ich jetzt zum Druck vorbereite, auseinander setzen.«

Nachdem kurz auf die physischen Ursachen hingedeutet worden ist, welche ausser der Säcularänderung der Excentricität der Erdbahn eine Vergrösserung der Coefficienten der Säcularänderung des Mondes hervorbringen können, Reibung im Aether des Weltraumes und eine dadurch erzeugte Verlängerung des Sterntages[1]) fährt HANSEN (p. 4) folgendermassen fort:

»Also um eine Vergrösserung von 6" in dem Coefficienten der Säcularänderung der mittleren Länge des Mondes zu bewirken, braucht man nur anzunehmen, dass ohngefähr von dem Zeitalter HIPPARCHS bis jetzt die Dauer des Sterntages um den 84. Theil einer Zeitsecunde zugenommen habe.

Die Theorie des Lichtes zwingt uns anzunehmen, dass der Weltraum mit einer dünnen elastischen Materie angefüllt sei, und ich wenigstens würde ohnehin auch dieses für wahrscheinlich halten. Wenn dem aber so ist, so muss diese Flüssigkeit nicht nur der Bewegung der Weltkörper einen Widerstand entgegensetzen, sondern auch vermöge der Rotationen derselben eine Reibung an ihren Oberflächen bewirken, die nothwendig eine allmäliche Verzögerung dieser Rotationen zur Folge haben muss.«

Eine andere physische Ursache, welche eine solche Verzögerung

---

1) LAPLACE, Mécanique céleste Tome II. p. 347. Tome III. p. 176. Tome V. p. 361.

HANSEN bemerkt hierzu: »LAPLACE kommt auf den Schluss, dass die von ihm angeführten Ursachen gänzlich unmerkliche Wirkung haben, aber mir [illegible] dass die Prämisse, von welcher er hierbei ausgeht, eines näheren Be[illegible]te.« (l. c. p. 2.)

der Rotationsgeschwindigkeit der Erde nothwendig hervorbringen muss, hat im Jahre 1848 Dr. J. R. MAYER in Heilbronn in seiner Schrift »Dynamik des Himmels« in der Ebbe und Fluth gefunden und zwar vom Standpuncte des von ihm entdeckten Principes von der Aequivalenz zwischen Wärme und Arbeit.

MAYER[1]) begründet den erwähnten Einfluss durch folgende Betrachtungen:

(p. 196) »Das Strahlen der Sonne ist der letzte Grund von fast allen lebendigen Kraftäusserungen und Bewegungen auf der Erdoberfläche. Jedoch machen einige Processe hiervon eine merkwürdige Ausnahme.

Unter diese gehört die Ebbe und Fluth. Diese Naturerscheinung, über welche NEWTON, LAPLACE u. v. A. herrliche und in vieler Hinsicht erschöpfende Untersuchungen angestellt haben, verdankt bekanntlich ihre Entstehung einerseits der Anziehung, welche Mond und Sonne auf die beweglichen Theile der Erdoberfläche ausüben, andererseits aber der Achsendrehung der Erde.

Die abwechselnde Erhebung und Senkung des allgemeinen Wasserspiegels, das Fluthen und Ebben des Meeres, lässt sich mit dem Steigen und Fallen eines unter dem Einflusse der Erdanziehung schwingenden Pendels vergleichen.

Ein solches Instrument, das fortwährend einen, wenn auch noch so geringen, Widerstand erleidet — ein sog. physisches Pendel — nimmt entweder in seinen Excursionen beständig ab, oder es bedarf, wenn es gleichförmig fortschwingen soll, einer beständigen, dem Widerstande entsprechenden Zufuhr von lebendiger Kraft.

Eine solche Zufuhr wird bei den Pendeluhren durch ein aufgewundenes Gewicht oder durch eine gespannte Feder erzielt. Die bewegende Kraft, welche zum Heben des Gewichtes oder zur Spannung der Feder verbraucht wird, und welche nun in dem gehobenen Gewichte oder der gespannten Feder repräsentirt ist, bewältigt eine Zeit lang die vorhandenen Widerstände und be-

---

1) Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften von J. R. MAYER Stuttgart 1867. Diese Schrift enthält alle jene bahnbrechenden und geistvollen Abhandlungen, welche der Verfasser über das Princip von der Erhaltung der Kraft in den Jahren 1842—1848 veröffentlicht hat.

h einen gleichmässigen Gang des Pendels und der Uhr. Dabei sinkt aber das Gewicht herunter, oder die Feder sich ab, und es muss daher die Uhr unter einem Aufwande von bewegender Kraft von neuem aufgezogen werden, oder sie steht stille.

Gleiche gilt im Wesentlichen auch von der Ebbe und th. Indem sich die bewegten Wassertheile unter sich und an henden Wassertheilen, an den Meeresufern und an der Atmosphäre reiben, erfahren sie einen beständigen Widerstand und würden in kurzer Zeit zur Ruhe kommen, wenn nicht durch eine lebendige Kraft die vorhandenen lerstände allezeit wieder von neuem überwältigt würden. Die lebendige Kraft, deren Abnahme und endliche Erschöpfung durch die vorhandene Action ingt wird, ist der Rotations-Eff der Erde.

In der Erregung von Ebbe Fluth liegt also ein Grund zu einer Verminderung der Umdre ngsgeschwindigkeit der Erde.

Dieser wichtige Satz lässt sich auf verschiedene Arten beweisen.«

Um nun diese Betrachtungen MAY R's mit den 94 Jahre älteren tersuchungen KANT's zu vergleichen, gebe ich in Folgendem wiederum in der bisherigen Weise e Gegenüberstellung der characteristischen Stellen beider Forscher.

KANT.
(1754.)

(6) »Die Erde wälzt sich unaufhörlich um ihre Achse, mit einer freien Bewegung, die, nachdem sie ihr einmal zugleich mit ihrer Bildung eingedrückt worden, fortan unverändert und mit gleicher Geschwindigkeit und Richtung in alle unendliche Zeiten fortdauern würde, wenn keine Hindernisse oder äusserliche Ursachen vorhanden wären, sie zu verzögern, oder zu beschleunigen. Ich unternehme mir darzuthun, dass die äusserliche Ursache wirklich vorhanden sei, und zwar als eine solche, die die Bewegung der Erde nach und nach verringert, und ihren Umschwung

MAYER.
(1848.)

(198.199) »Durch den Einfluss der Mond- und Sonnen-Anziehung wird das Gleichgewicht der beweglichen Theile auf der Erdoberfläche gestört, so dass die Gewässer des Meeres gegen den Punct, oder den Meridian hinstreben, über und unter dem der Mond culminirt. Hätten die Wassertheile eine vollkommene und widerstandlose Beweglichkeit, so würden die Gipfel des obern und untern Fluthberges genau in den Meridian fallen, in welchem der Mond steht, und es würde unter diesen Umständen keine lebendige Kraft verbraucht. Da aber in der Wirklichkeit die Wassertheile einen

KANT.

in unermesslich langen Perioden gar zu vernichten trachtet.«

(7. 8) »Wenn die Erde eine ganz feste Masse ohne alle Flüssigkeiten wäre, so würde die Anziehung weder der Sonne noch des Mondes Etwas thun, ihre freie Achsendrehung zu verändern; denn sie zieht die östlichen sowohl als die westlichen Theile der Erdkugel mit gleicher Kraft, und verursacht dadurch keinen Hang weder nach der einen, noch der andern Seite, folglich lässt sie die Erde in völliger Freiheit, diese Umdrehung so wie ohne allen äusserlichen Einfluss, ungehindert fortzusetzen. In dem Falle aber, dass die Masse eines Planeten eine beträchtliche Quantität des flüssigen Elementes in sich fasst, so werden die vereinigten Anziehungen des Mondes und der Sonne, indem sie diese flüssige Materie bewegen, der Erde einen Theil dieser Erschütterung eindrücken. Die Erde ist in solchen Umständen. Das Gewässer des Oceans bedeckt wenigstens den dritten Theil ihrer Oberfläche, und ist durch die Attraction der gedachten Himmelskörper in unaufhörlicher Bewegung, und zwar nach einer Seite, die der Achsendrehung gerade entgegengerichtet ist. Es verdient also erwogen zu werden, ob diese Ursache nicht der Umwälzung einige Veränderung zuzuziehen vermögend sei. Die Anziehung des Mondes, welche den grössten Antheil an dieser Wirkung hat, hält das Gewässer des Oceans in unaufhörlicher Aufwallung, dadurch es zu denen, gerade unterm Mond, sowohl auf der ihm zu- als von ihm abgekehrten Seite hinzuzufliessen und sich zu erheben bemüht ist, und weil diese Puncte der Aufschwellung von Morgen gegen Abend fortrücken, so theilen sie dem Weltmeere eine beständige Fortströmung nach eben dieser Gegend in seinem ganzen Inhalte mit. Die Erfah-

MAYER.

Widerstand in ihrer Bewegung erfahren, so wird dadurch eine *Verspätung* der Fluth herbeigeführt, so dass in hoher See durchschnittlich erst ohngefähr 2½ Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian eines Ortes hohes Wasser eintritt.

Während die Gewässer von Ost und von West dem unter dem Monde gelegenen Meridiane zustreben, der Wasserstand aber aus dem genannten Grunde im Osten allezeit höher ist, als im Westen, so muss das Meerwasser nothwendig ungleich stärker von Ost nach West, als von West nach Ost drängen und fliessen. Die Ebbe und Fluth besteht also nicht allein in einem abwechselnden Steigen und Sinken der Wassertheile, sondern auch in einem, wiewohl langsamen, Fortschreiten der Gewässer von Ost nach West. Die Ebbe und Fluth bewirkt einen allgemeinen Weststrom des Oceans.

Da die Richtung dieser Strömung der Erd-Rotation gerade entgegengesetzt ist, so übt das Meerwasser durch die aller Orten stattfindende Reibung und durch den Stoss gegen die festen Wandungen des Meeres einen beständigen Widerstand gegen die Umdrehungsbewegung der Erde aus und vermindert dadurch die lebendige Kraft dieser Bewegung.

Die Erde spielt hier die Rolle eines Schwungrades. Die beweglichen Theile auf der Oberfläche werden, da sie an dem relativ feststehenden Monde gewissermassen adhäriren, in einer der Erd-Rotation entgegengesetzten Richtung fortgezogen, wodurch einerseits zwischen den festen und flüssigen Theilen dieses Schwungrades Actionen hervorgerufen und Widerstände überwältigt werden, andererseits aber der gegebene Rotations-Effect nothwendig

rung der Seefahrenden hat schon längst diese allgemeine Bewegung ausser Zweifel gesetzt, und sie wird am deutlichsten in den Meerengen und Meerbusen bemerkt, wo das Gewässer, indem es durch eine enge Strasse laufen muss, seine Geschwindigkeit vermehrt. Da diese Fortströmung von der Drehung der Erde gerade entgegengesetzt ist, so haben wir eine Ursache, auf die wir sicher rechnen können, dass sie jene, so viel an ihr ist, unaufhörlich zu schwächen und zu vermindern bemüht ist.«

(8. 9) »Damit wir die Grösse der Wirkung, welche die beständige Bewegung des Oceans von Morgen gegen Abend der Achsendrehung der Erde entgegensetzt, einigermassen schätzen können, so wollen wir nur den Anfall, den das Weltmeer gegen die morgendlichen Küsten des festen Landes von Amerika thut, ausrechnen, indem wir dessen Erstreckung bis zu beiden Polen verlängern, dadurch, dass wir, was daran fehlt, durch die hervorragende Spitze von Afrika und durch die orientalischen Küsten Asiens mehr als überflüssig ersetzen. Lasst uns die Geschwindigkeit der angeführten Meeresbewegung unter dem Aequator 1 Fuss in einer Secunde, und nach den Polen, eben so wie die Bewegung der Parallelzirkel, abnehmend setzen; endlich mag die Höhe derjenigen Fläche, die das feste Land dem Anfalle des Wassers darbietet, in senkrechter Tiefe geschätzt, 100 Toisen (Französische sechsfüssige Ruthen) angenommen werden: so werden wir die Gewalt, womit das Meer durch seine Bewegung diese ihr entgegenstehende Fläche drückt, dem Gewichte eines Wasserkörpers gleich finden, dessen Basis der ganzen gedachten Fläche von einem Pol zum andern, die Höhe aber $\frac{1}{124}$ Fuss gleich ist. Dieser Wasserkörper,

eine entsprechende Verminderung erfährt.«

(208-210) »Vorstehende einfache Darlegung mag genügen, um den Einfluss, den der Mond auf die Umdrehung der Erde ausübt, nachzuweisen. Zur quantitativen Bestimmung des aus der Ebbe und Fluth resultirenden verzögernden Druckes ist ein mechanischer Calcul erforderlich, der im Wesentlichen denselben Weg einzuschlagen hat, wie die Untersuchungen über die Nutation der Erdachse und die Präcession der Tag- und Nachtgleichen. Da aber die vielgestaltige Vertheilung von Land und Wasser, die ungleichförmige und unbekannte Tiefe des Meeres und die für das offene Meer noch nicht genau erforschte mittlere Zeitdifferenz zwischen der Culmination des Mondes und dem Eintreten des hohen Wassers (die an den Küsten sogen. Hafenzeit), als Functionen in diese Rechnung eingehen, so bleibt die gesuchte Grösse ein schwer und unsicher zu bestimmendes Element.

Inzwischen kann dieser verzögernde Druck, wenn er auf den Aequator reducirt gedacht wird, auch bei den niedrigsten Positionen nicht kleiner als 1000 Millionen Kilogramme angenommen werden. Um von einer festen Vorstellung auszugehen, sei es erlaubt, diese runde Zahl den folgenden Rechnungen beispielsweise zu unterlegen.

Da die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde unter dem Aequator 464 Meter beträgt, so beläuft sich der zur Unterhaltung von Ebbe und Fluth stattfindende Verbrauch von mechanischer Arbeit hiernach auf 464000 Millionen Kilogrammeter in jeder Secunde, oder auf 6000 Millionen Pferdekräfte. Der Effect von Ebbe und Fluth wäre somit etwa auf $\frac{1}{30000}$ von dem Effecte, den die Erde von der Sonne aus erhält, anzuschlagen.

Der Rotations-Effect, den die Erde

Kant.

welcher eilfmal hunderttausend Kubiktoisen begreift, wird von der Grösse der Erdkugel 123 Bimillionenmal übertroffen, und indem das Gewicht dieses Wasserkörpers der Bewegung der Erde immer entgegendrückt, so kann man leicht finden, wie viel Zeit verfliessen müsste, bis dieses Hinderniss der Erde ihre ganze Bewegung erschöpfte. Es würden zwei Millionen Jahre dazu erfordert werden, wenn man die Geschwindigkeit des fluthenden Meeres bis ans Ende gleich, und den Erdklumpen von gleicher Dichtigkeit mit der Materie der Gewässer annehme. Auf diesen Fuss würde in mässigen Perioden, da die gedachte Verminderung noch nicht viel beträgt, z. E. in einer Zeit von zweitausend Jahren, die Verzögerung so viel austragen, dass ein Jahreslauf nach diesem $8\frac{1}{2}$ Stunden weniger als vorher in sich halten müsste, weil die Achsendrehung um so viel langsamer geworden.«

(10) »Man wird diesemnach ferner nicht zweifeln können, dass die immerwährende Bewegung des Weltmeers von Abend gegen Morgen, da sie eine wirkliche und nahmhafte Gewalt, auch immer Etwas zu Verminderung der Achsendrehung der Erde beitrage, deren Folge in langen Perioden unfehlbar merklich werden muss. Nun sollten billig die Zeugnisse der Geschichte herbeigeführt werden, um die Hypothese zu unterstützen; allein ich muss gestehen, dass ich keine Spuren einer so wahrscheinlich zu vermuthenden Begebenheit antreffen kann, und Andern daher das Verdienst überlasse, diesen Mangel womöglich zu ergänzen.«

Mayer.

vermöge ihrer Achsendrehung gegenwärtig besitzt, lässt sich aus dem Volumen, aus der Masse und aus der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde berechnen. Das Volumen der Erde beläuft sich auf 2650686000 Kubikmeilen, das specifische Gewicht derselben ist nach Reich = 5.44. Nimmt man, was der Einfachheit wegen hier geschehen mag, die Dichtigkeit der Erde als gleichförmig an, so ergiebt sich aus diesen Prämissen und der genau bekannten Umdrehungsgeschwindigkeit, der gesuchte Rotations-Effect der Erdkugel = 25840 Quadrillionen Kilogrammeter. Werden hiervon 2500 Jahre lang in jeder Secunde 464000 Millionen Km. zur Ebbe und Fluth verbraucht, so wird dadurch jener ganze Effect in Summa um 36600 Trillionen Km. oder um etwa $\frac{1}{700000}$ seiner Grösse vermindert.

Bei constant bleibendem Volumen verhalten sich die Umdrehungsgeschwindigkeiten einer Kugel wie die Quadratwurzeln aus den Rotations-Effecten. Hieraus folgt, dass in der angenommenen Zeit von 2500 Jahren die Tageslänge durch den Einfluss von Ebbe und Fluth um $\frac{1}{1400000}$, oder den Tag zu 86400 Secunden berechnet um $\frac{1}{16}$ Secunde vergrössert werden müsste, falls das Volumen der Erde ein unveränderliches wäre. Ob aber diese letzte Voraussetzung in der Wirklichkeit begründet ist oder nicht, diese Frage hängt mit den Temperaturverhältnissen unseres Planeten zusammen, die im folgenden Capitel besprochen werden sollen.« —

Am 11. December 1865 hat der französische Academiker Hr. Delaunay der Academie eine Abhandlung vorgelegt, welche betitelt ist:

»Sur l'existence d'une cause nouvelle ayant une influence sensible sur la valeur de l'équation séculaire de la Lune.« [1])

Nach allgemeinen, einleitenden Bemerkungen fährt DELAUNAY Comptes rendus p. 1025 mit folgenden Worten fort:

»On sait que la Lune, par son action sur les eaux de la mer, détermine ces eaux à un mouvement d'oscillation qui constitue le phénomène des marées.«

Als Resultat seiner Untersuchungen spricht er alsdann auf p. 1031 den folgenden Satz aus:

»D'après les explications dans lesquelles nous venons d'entrer, nous pouvons énoncer la proposition suivante:

Les forces perturbatrices auxquelles sont dues les oscillations périodiques de la surface des mers (phénomène des marées), en exerçant leur action sur les intumescences liquides qu'elles occasionnent, déterminent un ralentissement progressif du mouvement de rotation de la Terre, et produisent ainsi une accélération apparente sensible dans le moyen mouvement de la Lune.«

Dass KANT auch grosse Verdienste um die Meteorologie hat, insofern er ganz unabhängig von HADLEY (1685) die vollkommen richtige Theorie der Passate und des Winddrehungsgesetzes gegeben hat, dürfte in naturwissenschaftlichen Kreisen weniger allgemein bekannt sein als seine Verdienste um die Kosmogenie. Um auch über die Richtigkeit dieser Behauptung dem Leser selber ein Urtheil zu gestatten, habe ich im Folgenden wieder characteristische Stellen aus KANT's im Jahre 1756 publicirten Abhandlung: »Einige Anmerkungen zur Erläuterung der Theorie der Winde« (Bd. VI. p. 283—298) mit analogen Stellen aus der Abhandlung DOVE's: »Ueber den Einfluss der Drehung der Erde auf die Strömungen ihrer Atmosphäre« Poggendorff's Annalen Bd. XXXVI. p. 321—351 hier zusammengestellt:

1) Comptes rendus Tome 61. p. 1023—1032.

Die Theorie der Winde und das Drehungsgesetz.

KANT.
(1757.)

(283) »Man muss sich den Luftkreis als ein Meer von flüssiger elastischer Materie vorstellen, welches gleichsam aus Schichten von verschiedener Dichtigkeit, die in grösseren Höhen allemal abnimmt, zusammengesetzt ist. Wenn dieses flüssige Meer im Gleichgewicht bleiben soll, so ist nicht genug, dass die Luftsäulen, die man sich neben einander vorstellt, gleich schwer sind; sie müssen auch gleich hoch stehen, d. i. die Schicht von einer gewissen Dichtigkeit muss in allen Theilen ihres Umfangs in derselben Wasserwage stehen; denn nach den Gesetzen der Flüssigkeit würde in entgegengesetztem Falle der höhere Theil nothwendig nach der niederen Seite abfliessen, und das Gleichgewicht wäre den Augenblick gehoben.«

(287—289) »Ein Wind, der vom Aequator nach dem Pole hinweht, wird immer je länger desto mehr westlich, und der von dem Pole zum Aequator hinzieht, verändert seine Richtung in eine Collateralbewegung aus Osten.

Diese Regel, welche, so viel mir wissend ist, noch niemals angemerkt worden, kann als ein Schlüssel zur allgemeinen Theorie der Winde angesehen werden. Der Beweis derselben ist sehr begreiflich und überzeugend. Die Erde dreht sich von Abend gegen Morgen um ihre Achse. Ein jeder Ort auf ihrer Oberfläche hat daher desto mehr Schnelligkeit, je näher er dem Aequator ist, und desto weniger, je weiter er davon entfernt ist. Die Luft, die zu dem Aequator hingeht, trifft auf ihrem Wege also immer Oerter an, die mehr Bewegung vom Abend gegen Morgen haben als sie selber. Sie wird also diesen einen

DOVE.
(1835.)

(321. 322) »Alle Physiker, welche eine Theorie der Winde zu geben versucht haben, sind bei der Erörterung der regelmässigen Erscheinungen unter den Tropen stehen geblieben, welches ihnen gewiss nicht verdacht werden kann, da es passend ist, in einer sehr verwickelten Aufgabe den einfachsten Fall zuerst zu betrachten. Andererseits muss es aber auffallen, dass seit 1685, in welchem Jahre HADLEY seine Theorie der Passate bekannt machte, also seit 150 Jahren, kein Schritt weiter zu einer allgemeinen Lösung der Aufgabe geschehen ist. Der Zweck dieser Abhandlung ist, nachzuweisen, dass die Erscheinungen der Passate, der Moussons und die verwickelten Windverhältnisse der gemässigten und kalten Zonen nothwendige und einfache Folgen derselben physikalischen Grundbestimmungen sind.

Die Rotationsgeschwindigkeit der einzelnen Puncte der Oberfläche der Erde verhält sich wie die Halbmesser der Parallelkreise, unter welchen sie liegen, sie nimmt also zu von den Polen, wo sie Null ist, bis zum Aequator, wo sie am grössten ist. Im Zustande der Ruhe nimmt die Luft Theil an der Drehungsgeschwindigkeit des Ortes, über welchem sie sich befindet. Wenn sie daher durch Temperaturdifferenz oder irgend eine andere Ursache ein Bestreben erhält. in einem Parallelkreise zu fliessen. so wird die Drehung der Erde durchaus keinen Einfluss auf sie äussern, weil die Puncte der Oberfläche, zu welchen die strömende Luft gelangt, genau dieselbe Drehungsgeschwindigkeit haben als die Puncte, welche sie verlassen hat. Wird aber Luft durch irgend eine Ursache von den Polen nach

KANT.

Widerstand in entgegengesetzter Richtung, nämlich von Osten nach Westen leisten, und der Wind wird daher in dieser Collateralrichtung abweichen. Denn es ist einerlei, ob der Boden unter einem flüssigen Wesen, das nicht in gleicher Schnelligkeit nach derselben Richtung bewegt wird, fortrückt, oder ob dieser über den Boden in entgegengesetzter Direction bewegt wird. Wenn dagegen der Wind vom Aequator zum Pole hinweht, so kommt er immer über Oerter der Erde, die weniger Bewegung vom Abend gegen Morgen haben, als die Luft, die er mit sich führt; denn diese hat eine solche, die der Schnelligkeit des Orts gleich ist, von da er sich ausgebreitet hat. Er wird also über die Oerter, worüber er kommt, von Abend gegen Morgen wegziehen, und seine Bewegung zum Pole hin wird mit der Collateralbewegung aus Abend verbunden werden.

Um sich dieses deutlich vorzustellen, muss man zuerst vor Augen haben, dass, wenn die Atmosphäre im Gleichgewicht ist, ein jeder Theil derselben mit dem Orte der Oberfläche der Erde, worüber er sich befindet, gleiche Geschwindigkeit der Drehung von Abend gegen Morgen habe, und in Ansehung desselben in Ruhe sei. Wenn aber ein Theil des Luftkreises in der Richtung des Meridians seinen Platz verändert, so trifft er auf Stellen des Erdbodens, die sich mit mehr oder weniger Schnelligkeit von Abend gegen Morgen bewegen, als er von demjenigen Orte noch an sich hat, von welchem er weggerückt worden. Er wird sich also über die Gegenden, worüber er zieht, entweder mit einer Abweichung von Abend gegen Morgen bewegen, oder in der Richtung von Morgen gegen Abend der Oberfläche der Erde widerstehen, welches in beiden Fällen einen Wind macht,

DOVE.

dem Aequator getrieben, so kommt sie von Orten, deren Rotationsgeschwindigkeit gering ist, nach Orten, an welchen sie grösser ist. Die Luft dreht sich also dann mit einer geringeren Geschwindigkeit nach Osten, als die Orte, mit welchen sie in Berührung kommt, sie scheint daher nach entgegengesetzter Richtung, d. h. von Ost nach West zu fliessen. Die Ablenkung des Windes von der anfänglichen Richtung wird desto grösser sein, je mehr sich bei gleichbleibender fortrückender Bewegung die Drehungsgeschwindigkeit des Ausgangspunctes unterscheidet von der Drehungsgeschwindigkeit des Ortes, an welchem der Wind beobachtet wird, d. h. je grösser der Unterschied der geographischen Breite beider Orte ist. Daraus folgt:

> auf der nördlichen Halbkugel gehen Winde, welche als Nordwinde entstehen, bei dem allmäligen Fortrücken durch NO. immer mehr in O. über.«

(323. 324) »Dauert die Ursache, welche die Luft nach dem Aequator trieb, fort, so wird der entstandene Ostwind hemmend auf den Strom wirken. Durch ein Hemmen der Strömung wird die Luft bald die Rotationsgeschwindigkeit des Ortes annehmen, über welchen sie sich befindet, sie wird zu demselben in einen Zustand relativer Ruhe treten. Bei fortdauernder Tendenz nach dem Aequator zu strömen werden also sich genau dieselben Erscheinungen wiederholen, welche wir eben betrachtet haben.

Wir wollen nun annehmen, dass, nachdem Polarströme eine Zeit lang geherrscht haben, Aequatorialströme eintreten.

In der nördlichen Halbkugel wird ein eintretender Südwind den mehr oder weniger östlich gewordenen Polarstrom durch eine Drehung im Sinne O.SO.S. verdrängen, in der südlichen der als

KANT.

der diese Collateralrichtung hat. Die Stärke dieser Seitenbewegung beruht sowohl auf der Schnelligkeit des Orts, worüber er bewegt wird, als auch auf dem Unterschiede der Schnelligkeit der Oerter, von und zu welchen er übergeht. Nun ist aber die Schnelligkeit der Achsendrehung eines jeden Puncts auf der Oberfläche der Erde dem Cosinus der Breite, und der Unterschied dieses Cosinus zweier sehr nahe, z. E. einen Grad weit von einander abstehenden Oerter der Oberfläche dem Sinus der Breite proportionirt; also wird das Moment der Geschwindigkeit, womit er in dem Uebergange aus einem Grade der Breite in den andern seitwärts verrückt wird, in zusammengesetztem Verhältniss der Sinus und Cosinus der Breiten stehen, mithin bei dem 45. Grade am grössten, in gleicher Entfernung aber von demselben gleich sein.«

Es folgt nun ein bestimmtes numerisches Beispiel zur Erläuterung.

292) »Die Hitze, die in dem heissen Erdstriche und neben demselben stärker ist als anderwärts, erhält die Luft, die sich über demselben befindet, in beständiger Verdünnung. Die etwas weniger heissen und also auch schwerern Luftstriche, die weiter von dem Aequator abstehen, dringen nach den Gesetzen des Gleichgewichts in ihren Platz, und weil sie zu dem Aequator sich hin bewegen, so muss ihre nördliche Richtung nach der dritten Anmerkung in eine Collateralbewegung aus Osten ausschlagen. Daher wird der allgemeine Ostwind zu den Seiten des Aequators eigentlich ein Collateralwind sein, der aber unter der Linie selber, wo der Südost- und Nordostwind von beiden Hemisphärien gegen einander streben, in einen geraden Ostwind ausschlagen muss, je weiter aber von der

DOVE.

Nordwind eintretende Aequatorialstrom den mehr oder minder östlich gewordenen Polarstrom aus O. durch NO. in Nord verwandeln.«

(325—328) »Aus der Gesammtheit der betrachteten Erscheinungen folgt also:

A) In der nördlichen Erdhälfte dreht sich der Wind, wenn Polarströme und Aequatorialströme mit einander abwechseln, im Mittel im Sinne S.W.N.O.S. durch die Windrose, und zwar springt er zwischen S. und W., und zwischen N. und O. häufiger zurück als zwischen W. und N., und zwischen O. und S.

B) In der südlichen Erdhälfte dreht sich der Wind, wenn Polarströme und Aequatorialströme mit einander abwechseln, im Mittel im Sinne S.O.N.W.S. durch die Windrose, und zwar springt er zwischen N. und W., und zwischen S. und O. häufiger zurück als zwischen W. und S., und zwischen O. und Nord.

Daraus folgt:

a) wo in der tropischen Zone nur Polarströme an der Oberfläche herrschen, giebt es gar keine vollständige Drehung, sondern eine der Entfernung des Beobachtungsortes von der äusseren Grenze des Stromes proportionale unveränderte Ablenkung, welche sich nur etwas modificirt durch die Veränderung jener Grenze in den Jahreszeiten. *Dies sind die Passate*;

b) wo in der tropischen Zone, durch die eigenthümliche Vertheilung des Festen und Flüssigen, im Jahr einmal ein südlicher Strom mit einem nördlichen abwechselt, giebt es nur eine Drehung im ganzen Jahr. *Dies sind die Moussons*;

c) in den gemässigten und wahrscheinlich auch in den kalten Zonen, wo Aequatorialströme fortwährend mit Polarströmen abwechseln, dreht sich der Wind im Mittel, und zwar öfters, in einem bestimmten Sinne durch die Windrose, in der nördlichen Halbkugel aber

KANT.

Linie, destomehr nach der Polarrichtung abweicht.«

(293. 294) »Die Moussons oder periodischen Winde, die den Arabischen, Persischen und Indischen Ocean beherrschen, werden ganz natürlich aus dem in der dritten Anmerkung erwiesenen Gesetze erklärt, nämlich: ein Wind, der vom Aequator nach dem Pole hinweht, wird immer je länger desto mehr westlich, und der von dem Pole zum Aequator hinzieht, verändert seine Richtung in eine Collateralbewegung aus Osten. —

In diesen Meeren wehen vom April bis in den September Südwestwinde, eine Zeitlang folgen Windstillen darauf, und von dem October bis in den März wehen wieder die entgegengesetzten Nordostwinde. Man sieht durch das Vorige vorbereitet in einem Augenblicke die Ursache davon ein. Die Sonne tritt in dem Märzmonat in unsere nördliche Halbkugel hinüber, und erhitzt Arabien, Persien, Indostan, die anliegenden Halbinseln, ingleichen China und Japan stärker, als die zwischen diesen Ländern und dem Aequator befindlichen Meere. Die Luft, die über diesen Meeren steht, wird durch eine solche Verdünnung der nördlichen Luft genöthigt, nach dieser Seite sich auszubreiten, und wir wissen, dass ein Wind, der vom Aequator nach dem Nordpole hingeht, in eine südwestliche Richtung ausschlagen muss. Dagegen, sobald die Sonne das Herbstäquinoctium überschritten und die Luft der südlichen Halbkugel verdünnt, so tritt die aus dem nördlichen Theile des heissen Erdstriches hinunter zum Aequator. Nun schlägt ein aus den nördlichen Gegenden zur Linie eilender Wind nothwendig, wenn er sich selbst überlassen ist, in einen Nordostwind aus; also ist leicht einzusehen, warum dieser den vorigen Südwestwind ablösen müsse.

DOVE.

gerade im entgegengesetzten Sinne als in der südlichen. *Dies ist die Erscheinung, welche ich das Gesetz der Drehung genannt habe.*

Man sieht also, dass die Windverhältnisse der Tropen der einfachste Fall des Drehungsgesetzes sind.

Die vorhergehende Erörterung ist durchaus unabhängig von der Art, wie wir uns die Entstehung der Bewegung der zwischen den betrachteten Parallelen enthaltenen Luftmasse denken, ob gleichzeitig in allen Puncten desselben Meridians, oder successiv durch Saugen oder Stossen. Es ist auch ganz gleichgültig, ob die entstehenden Ströme in Nord und Süd einander gegenüberliegen, oder ob sie mehr oder minder unter einander, und gegen den Meridian geneigt sind. Ich halte eben deswegen die Namen *nördlicher* Strom und *südlicher* Strom, für die naturgemässen, um ihre Bezeichnung von den Veränderungen, welche die Jahreszeiten und Localursachen in ihrer Richtung hervorbringen können, unabhängig zu machen.

Die Passate und Moussons sind ein so auffallendes Phänomen, dass man ihre Existenz nicht zu beweisen braucht. Etwas anderes ist es mit dem Drehungsgesetz.

Als ich im Jahr 1827 die Existenz dieses Gesetzes auf die Berechnung von 14600 Barometerbeobachtungen, eben so vielen Hygrometerbeobachtungen und 21900 Thermometerbeobachtungen, welche nicht als *fertige Mittel* addirt werden konnten, sondern *einzeln* zu berechnen waren, zu gründen suchte, habe ich nicht vermuthet, dass man den Resultaten einer so mühvollen Arbeit als Einwurf gegenüberstellen werde, dass von drei befragten Seemännern einer nichts davon habe wissen »wollen«. Die Möglichkeit, dass so etwas geschehen konnte, beweist noch deutlicher als das Schweigen der physi-

Kant.

Man sieht auch leicht den Zusammenhang dieser Ursachen, insoweit sie zur Hervorbringung der periodischen Winde zusammenstimmen. Es muss nahe bei dem Wendecirkel ein weit gestrecktes festes Land sein, welches durch die Sonnenwirkung mehr Hitze annimmt, als die Meere, die zwischen ihm und dem Aequator begriffen sind, so wird die Luft dieser Meere bald genöthigt werden, über diese Länder hinzustreichen und einen westlichen Collateralwind machen, bald von diesen Ländern sich wiederum über die Meere ausbreiten.«

(295) »Diese Einsicht kann ungemein nützlich werden, wenn man sie zur Entdeckung neuer Länder anwenden will. Wenn ein Seefahrender in der südlichen Halbkugel nicht weit von dem Wendecirkel zu der Zeit, wenn die Sonne denselben überschritten hat, einen anhaltenden Nordwestwind verspürt, so kann dieses ihm ein beinahe untrügliches Merkmal sein, dass gegen Süden hin ein weitgestrecktes festes Land sein müsse, über welches die Sonnenhitze die Aequatorsluft nöthigt zu streichen, und einen mit einer westlichen Abweichung verbundenen Nordwind macht.«

(298) »Man kann die Bemerkung des Mariotte, dass die Winde, die im neuen Lichte aus Norden zu wehen anfangen, ungefähr in 14 Tagen den ganzen Compass durchlaufen, so dass sie erstlich in Nordost, dann in Osten, darauf in Südost und so ferner herumgehen, ingleichen, dass die Winde niemals den ganzen Cirkel in entgegengesetzter Richtung vollenden, durch die Regel der dritten Anmerkung vollkommen erklären. Jene Regel lautete:

Ein Wind, der vom Aequator nach dem Pole hinweht, wird immer je länger desto mehr westlich, und der von dem Pole zum Aequator hinzieht, verändert seine Richtung in eine Collateral-

Dove.

kalischen Lehrbücher über dasselbe, dass die Physiker ein Gesetz in den Veränderungen der Windesrichtung nicht anerkannten. Betrachtet man aber die merkwürdige Regelmässigkeit, mit welcher sich dieses Gesetz in den von mir berechneten Veränderungen des Barometers, Thermometers und Hygrometers in Paris und London nicht nur im jährlichen Mittel, sondern auch in jedem einzelnen Monate ausspricht, seine vollkommene Unabhängigkeit von der täglichen Periode: Resultate, welche durch die schöne Arbeit des Herrn Galle in Beziehung auf Danzig vollkommen bestätigt worden sind, so würde man allerdings von der Genauigkeit früherer Beobachter es erwarten dürfen, dass ihnen wenigstens die directe Wahrnehmung jener Regelmässigkeit nicht entgangen sei. Bei einer Durchsicht älterer und neuerer Schriften habe ich nun auch mannigfache Beweise dieser Wahrnehmung gefunden, welche aber immer unbeachtet geblieben ist, weil sie eines strengen Beweises ermangelte. Dieser Beweis konnte aber nur gegeben werden, wenn man von der *Berechnung der Mittel* überging zu der *Berechnung der mittleren Veränderungen.* Leider hat man aber die allgemein als richtig anerkannte Regel: man müsse bei der Untersuchung atmosphärischer Erscheinungen von dem Mittel *ausgehen*, so verstanden, als heisse sie: man müsse in diesen Untersuchungen bei dem Mittel *stehen bleiben.*

Indem ich, um die allgemeine Gültigkeit des Drehungsgesetzes zu beweisen, zu directen Beobachtungen meine Zuflucht nehme, bevorworte ich, dass ich diesen Beweis selbst für unvollständig halte. Die Berechnung der Barometerbeobachtungen eines einzigen Ortes in Nordamerika und im Innern von Russland, so durchgeführt, wie ich es

KANT.	DOVE.
bewegung aus Osten. Denn der Nordwind schlägt natürlicher Weise in einen Nordostwind aus; dieser, wenn das Gleichgewicht mit der Gegend, wohin er zieht, hergestellt ist, wird wegen des Widerstandes derselben Luftgegend ganz östlich. Alsdann, weil die in Süden zusammengedrückte Luft sich wieder nach Norden ausdehnt, macht dieses in Verbindung mit dem Ostwinde eine südöstliche Abweichung, diese wird durch die in der dritten Anmerkung angeführte Ursache erst südlich, dann südwestlich, darauf wegen des Widerstandes der nördlichen ins Gleichgewicht hergestellten Luft westlich, darauf aus Verbindung mit der sich wieder ausdehnenden nördlichen Luft nordwestlich, endlich gänzlich nördlich.«	für Paris und London gethan habe, würde ein viel strengerer Beweis dafür sein, als eine Menge der besten Autoritäten. Aber seit Jahren habe ich dazu brauchbare Beobachtungsjournale vergebens mir zu verschaffen gesucht. Dasselbe gilt für die südliche Halbkugel. Die Uebereinstimmung in den Beschreibungen des Phänomens in einem Zeitraum von beinahe drittehalb hundert Jahren spricht aber, wie mir scheint, für ihre Richtigkeit, auch ist es nicht wahrscheinlich, dass Männer, welche so verschiedenen Nationen und Verhältnissen angehörten, als BACON, MARIOTTE, STURM, FORSTER, LE GENTIL, DON ULLOA, TOALDO, POITEVIN, ROMME einander copirten, indem sie dieselbe Wahrnehmung berichten.«

Diese Zusammenstellungen der Resultate der KANT'schen Naturwissenschaft mit denen der sogenannten exacten Wissenschaft werden zur Genüge beweisen, wie ein scharfer Verstand mit geringerem empirischen Material haushälterisch zu Werke zu gehen versteht, und hierdurch im Allgemeinen hundert Jahre früher zu denjenigen Zielen gelangen kann, welche auch die exacte Wissenschaft später als Ausgangspuncte für weitere Forschungen zu betrachten hat.

Wenn auch selbstverständlich die inductive Fundirung des von KANT aufgeführten Gebäudes in manchen Theilen keine so feste und solide wie diejenige der späteren exacten Forscher sein konnte, so möge man doch erwägen, welche heuristische Wichtigkeit eine frühere Berücksichtigung der KANT'schen Resultate für die exacte Wissenschaft gehabt haben würde und wie viele Zeit, welche inzwischen zum planlosen Beobachten und Experimentiren verwandt wurde, zur Bestätigung oder Widerlegung der von KANT rationell deducirten Resultate hätte erfolgreich verwerthet werden können.

Gleichzeitig mag uns aber auch die zum Theil wunderbare Uebereinstimmung der vollkommen unabhängig gewonnenen Resultate als ein empirischer Beweis dienen für das Zusammenwirken räumlich und zeitlich getrennter Individuen zur Förderung eines grossen und allgemeinen Entwickelungsprocesses der Menschheit.

Gleich den Billionen von Zellenindividuen, welche unbewusst unseren Leib constituiren und fortschreitend seine Entwickelung zur Blüthe der Erkenntniss in wunderbarer Harmonie befördern, ähnlich arbeiten die Individuen unseres Planeten im Dienste eines grossen, ihnen unbewussten, Gesammtzweckes.

NACHTRÄGE.



Zur Temperatur und physischen Beschaffenheit der Sonne.

Herr FAYE vindicirt mir in seinem Referate über meine Abhandlung: das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten, in der Pariser Academie am 13. November 1871 (Comptes rendus T. LXXIII p. 1125) mit grösster Bestimmtheit eine Anschauung über den Aggregatzustand der Sonne, die ich niemals vertreten habe. Herr FAYE sagt nämlich: »*Suivant M. Zöllner, le soleil, bien loin d'être à l'état gazeux, est entièrement solide, sauf une mince couche liquide, semblable à de la lave en fusion, qui le recouvre entièrement.*« Dass meine Abhandlung nicht durch Unklarheit ein solches Missverständniss verschuldet hat, beweist ein fast gleichzeitig erschienenes und vollkommen richtiges Referat in den Archives de Génève von Herrn EMILE GAUTIER.[1]) Selbstverständlich verlieren hierdurch alle Argumente, welche Herr FAYE auf Grund seiner obigen Behauptung gegen die Richtigkeit meiner Anschauungen anführt, ihre Bedeutung. Wenn Herr FAYE aber weiter bemerkt (l. c. p. 1127):

1) Nach einigen Bemerkungen über die Dicke und Solidität der gebildeten Schlackenmassen, aus welchen meiner Theorie zufolge die Sonnenflecken bestehen, beschliesst Hr. GAUTIER sein Referat mit folgenden Worten:

»*Notre observation ne porte, du reste, que sur un détail peu essentiel à la théorie de M. Zöllner. Celle-ci n'en reste pas moins la seule jusqu'à ce jour, qui s'assimile d'une manière aussi complète aux circonstances connues de la physique solaire, sans être obligée de recourir à des suppositions tout à fait en dehors des notions générales admises dans la physique terrestre.*«

»Pour moi je ne vois là, je l'avoue, que l'effort d'un savant qui, ayant pris une erreur pour point de départ, veut arriver à toute force à faire cadrer les déductions qu'il en tire avec une réalité rebelle.«

so glaube ich schon für die allernächste Zukunft empirische Beweise für die Richtigkeit meiner Deductionen prophezeihen zu dürfen. Denn von Tag zu Tag mehren sich die Beobachtungen, welche als eine directe Bestätigung der von mir zuerst theoretisch abgeleiteten Circulation der Sonnenatmosphäre angesehen werden müssen. Bereits in meiner Abhandlung »Ueber die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken« (Berichte der K. S. Ges. d. W. 1870. Dec. 12) habe ich (p. 348) diese Circulation lediglich als eine Folge der Rotation und Wärmeausstrahlung des glühenden Sonnenkörpers dargestellt. In meiner oben erwähnten Abhandlung »Ueber das Rotationsgesetz der Sonne etc.« (1871 Febr. 11. Ebendaselbst) stellte ich (p. 98) die vier Thatsachen zusammen, aus welchen sich nach meiner Theorie alle bis jetzt bekannten wesentlichen Eigenschaften der Sonne ableiten lassen. Es sind dies 1. die Rotation des Sonnenkörpers, 2. die hohe Temperatur seiner Oberfläche, 3. die Existenz einer Atmosphäre, 4. die tropfbar-flüssige Beschaffenheit des Sonnenkörpers. Hierauf Bezug nehmend, fahre ich auf p. 99 mit folgenden Worten fort:

»Aus den beiden ersten folgt die Entwickelung der grossen Circulation in der Atmosphäre, in Folge deren am Aequator die erhitzten Gasmassen emporsteigen und dadurch im unteren Theile der Atmosphäre Polarströme, im oberen Aequatorialströme erzeugen, welche wesentlich ungestört über einander hinfliessen. Diese Ströme äussern auf die glühend-flüssige Oberfläche eine doppelte Rückwirkung, nämlich erstens eine thermische und zweitens eine mechanische. In Folge der ersteren entsteht durch die Berührung mit den herabsteigenden und relativ abgekühlten Aequatorialströmen an den Polen eine stärkere Abkühlung als am Aequator; in Folge der letzteren entwickeln sich durch die Reibung der atmosphärischen Ströme an der flüssigen Oberfläche Driftströmungen, welche die normale Rotation der Kugeloberfläche in eine dem entwickelten Rotationsgesetze entsprechende abändern.«

Man sieht hieraus, dass diese beiden Strömungen für meine

ganze Theorie ein Fundamentalphänomen sind, welches direct durch Beobachtungen zu bestätigen von grösster Wichtigkeit sein muss.

P. SECCHI theilt nun der Pariser Academie in einem Briefe d. d. 17. Juli 1871 unter Anderem Folgendes mit (C. R. T. LXXIII p. 246, 24. Juillet 1871):

»*L'étude des protubérances nous a dévoilé des courants très-violents, qui dominent au-dessus de la chromosphère. J'ai fait une attention particulière à la direction de la courbure des jets les plus élevés, et j'ai trouvé que, en général, de l'équateur aux latitudes moyennes, la direction dominante est tournée vers les pôles; . . .*«

In einer darauf folgenden Mittheilung an die Pariser Academie (4. Septbr. 1871) ibid. p. 595 theilt SECCHI bezüglich der Gesetzmässigkeit jener Ströme (»à la circulation de la région supérieure de l'atmosphère solaire«) zahlreiche Beobachtungen an Protuberanzen mit und bemerkt über das erlangte Resultat Folgendes:

»*Le résultat obtenu a été le suivant: pendant quarante-deux jours d'observations, on a obtenu;*

+ *Protubérances conformes à la loi*	403	Rapport
— *Protubérances discordantes*	138	2.92 : 1.00
± *Protubérances situées surtout près des pôles*	102	

Ces chiffres sont évidemment très-favorables à la loi hypothétique dont nous sommes partis; mais sa probabilité paraîtra plus remarquable après quelques réflexions.«

Diese Resultate SECCHI's erlaube ich mir hier noch durch zwei briefliche Mittheilungen über dieselbe Erscheinung zu ergänzen.

Herr Professor SPÖRER schreibt mir d. d. Anclam December 4 1871 wörtlich Folgendes:

»Eine Beobachtungsreihe der Protuberanzen (1871 Mai 21— October 5) habe ich bearbeitet und die Resultate in einer Abhandlung zusammengestellt, welche an die Berliner Academie der Wissenschaften übersandt ist. Zu einem zweiten Theile, in welchem übersichtlich die Oerter der Flecken und Protuberanzen verglichen werden sollen, sind erst die Vorarbeiten beendet. Es folgt hier eine kurze Inhaltsangabe aus der fertigen Abhandlung.

1. Aufgeführt mit Zahlenangaben und Zeichnungen 25 Protuberanzen zum Beweise der atmosphärischen

Strömung, welche auf beiden Halbkugeln in den oberen atmosphärischen Schichten vom Aequator zum Pol gerichtet ist. Zwar ist dieselbe nicht immer vorhanden, aber es können doch sehr grosse Gebiete bezeichnet werden, in welchen sie während eines längeren Zeitraumes herrschte.«

Es werden nun noch 8 verschiedene Rubriken mitgetheilt, die sich auf andere Erscheinungen beziehen.

Herr Dr. Vogel, der Director der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow auf Bothkamp bei Kiel, schreibt mir d. d. Bothkamp Januar 15. 1872 unter Anderem wörtlich Folgendes:

»Von 13 beobachteten Protuberanzen haben 9 eine entschieden ausgesprochene Neigung gegen den Sonnenrand gezeigt, nach Berechnung der heliographischen Breite fand ich, dass mit nur einer Ausnahme die Neigungen auf Ströme die vom Aequator nach den Polen gerichtet sind, schliessen lassen.«

Diese Thatsachen, so weit sie, wie die sehr vollständigen von Secchi und Tacchini, publicirt worden sind, haben für Herrn Faye keine Bedeutung. Er fertigt sie in einer Anmerkung seines oben erwähnten Aufsatzes mit folgenden Worten ab (l. c. p. 1128):

»*C'est ainsi qu'on a cru récemment trouver une indication favorable à l'existence de ces courants dans les directions si variées des jets d'hydrogène incandescent émis par la chromosphère . . . . . D'ailleurs la seule inspection des dessins déjà publiés en grand nombre suffit, aux esprits non prévenus, pour faire évanouir toute idée de courants généraux dans la chromosphère.*«

Aus dem letzten Satze geht hervor, dass die neueren Protuberanzen-Figuren Tacchini's Herrn Faye noch unbekannt waren. An diesen sind nicht nur die obern äquatorialen, sondern auch die unteren polaren Ströme in überraschender Weise auf den ersten Blick zu erkennen. Die kleinen spitzen und zackenartigen Erhebungen der Chromosphäre, sehen an manchen weit ausgedehnten Stellen wie Fasern eines groben Sammet-Teppichs aus, welcher mit einer Bürste nach einer Richtung hin geglättet worden ist. — Um nun aber auch Pater Secchi gegen den Vorwurf des Hrn. Faye in Schutz zu nehmen, er sei präoccupirt und gehöre bezüglich jener Strömungen in d[illegible]atmosphäre zu den »*esprits prévenus*«, erlaube

ich mir zu bemerken, dass ich von P. SECCHI d. d. Rome ce 28. Avril 1871 einen Brief erhielt, in welchem er mich mit folgenden Worten um die Zusendung meiner oben erwähnten Abhandlung ersuchte, in welcher ich jene Strömungen theoretisch abgeleitet hatte:

»*M. Schellen de Cologne me donne la nouvelle que vous avez fait un travail très intéressant sur la rotation du Soleil. Comme tout ce qui vient de vous est très intéressant pour moi, ... je vous prie de me faire savoir où, et comment je pourrai me procurer cet intéressant travail.*«

Ich sandte hierauf umgehend die gewünschte Abhandlung nach Rom. Hätte nun Pater SECCHI seine so höchst verdienstvollen Beobachtungen in der Absicht unternommen, das theoretisch von mir entwickelte Circulationsgesetz der Sonnenatmosphäre zu bestätigen anstatt zu widerlegen, so würde er es ohne Zweifel nicht unterlassen haben, hierbei meine Abhandlung und die darin als nothwendig gefolgerte Existenz jener Strömungen zu erwähnen.

Bei dieser Gelegenheit sei es mir gestattet, hier einer unstatthaften Auffassung meiner Abhandlung »Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne« (Berichte der Kön. Sächs. Ges. d. W. 1870. Juni 2) entgegenzutreten. Der dort angedeutete Weg, die Temperatur der Sonne an der Oberfläche und in einer gewissen Tiefe unter derselben zu bestimmen, sollte durch Einsetzung numerischer Werthe in die Formeln mehr erläutert als zu einer wirklichen Temperaturbestimmung der Sonne benutzt werden. Von einer Temperatur der Sonne zu reden, ohne den Abstand der Schicht oder des Ortes vom Centrum zu bezeichnen, hat ebenso wenig einen Sinn, als von der Temperatur der Erde ohne genauere Angabe jener räumlichen Verhältnisse zu sprechen. Die Vernachlässigung dieser Angaben ist nur bei so kleinen Körpern gestattet (z. B. bei einer Metallkugel von etwa ein Zoll Durchmesser), wo mit Rücksicht auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärme durch Leitung der Einfluss jener Unterschiede verschwindet.

Ich habe die für die äussere und innere Temperatur der Sonne gefundenen Werthe ausdrücklich geschieden und besonders den ersteren als einen Minimalwerth bezeichnet, und so die Existenz viel höherer Temperaturen in grösseren Tiefen und

im Innern der Sonne principiell und selbstverständlich vorausgesetzt. Da mir bei Abfassung jener Abhandlung die Beziehungen zwischen dem Einfluss der Dichtigkeit und Dicke der durchstrahlten Schichten glühender Gase auf das Spectrum noch unbekannt waren, so hatte ich für den Druck an der Basis der Chromosphäre einen von WÜLLNER für die Continuität des Wasserstoff-Spectrums gefundenen Werth angenommen.

Berücksichtigt man aber die durch meine Abhandlung »Ueber den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase« (Berichte der Kön. Sächs. Ges. d. W. 31. Oct. 1870) veränderten Anschauungen, so muss in jenem Abstande von der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche, wo das discontinuirliche Spectrum der Chromosphäre beginnt, die ganze ungeheure Schicht von glühendem Wasserstoff, welche unsere Gesichtslinie in jenem Abstande durchschneidet, etwa ebenso durchsichtig sein, wie in einer GEISSLER'schen Röhre der Wasserstoff in dem engen Canale von ca. ein Millimeter Dicke. Die Berücksichtigung dieser Beziehungen, die eine unmittelbare Folge des von mir a. a. O. bewiesenen Satzes von der Aequivalenz der Dicke und Dichte leuchtender und absorbirender Gase ist, verringern den Druck an der Basis der Chromosphäre unter Voraussetzung der früher angenommenen Verhältnisse auf ungefähr $0.625 . \frac{1}{10^{11}}$ Millimeter des irdischen Barometerdruckes.

Berücksichtigt man ferner, dass das g in Formel 1 (Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne p. 105) nicht, wie dort irrthümlich angegeben, das g auf der Sonne, sondern das auf A, also auf die Erde bezügliche g ist,[1]) so würden sich (für Eruptionen von 1.5 Minuten Höhe) die numerischen Resultate der entwickelten Theorie unter den gemachten Voraussetzungen folgendermassen gestalten:

Temperatur an der glühend-flüssigen Oberfläche der Sonne: 13230° C.

Temperatur in einer Tiefe von 2317 geogr[illegible]schen Meilen oder $\frac{1}{40}$ des Sonnenhalbmessers un[illegible]lühend-flüssigen Oberfläche der Sonne: 1[illegible]

1) Auf diesen Umstand wurde ich bei de[illegible] durch die Güte eines Heidelberger Doc[illegible] auch öffentlich meinen Dank ausspr[illegible]

Setzt man die Zunahme der Temperatur von der Oberfläche nach dem Innern für die betrachtete Schicht proportional der Tiefe voraus, so ergiebt sich für die Temperatur in einer Tiefe von 139 geographischen Meilen unter der Oberfläche, d. h. in derjenigen Tiefe, aus welcher nach der früheren Rechnung die Eruptionen von 1.5 Minuten hervorbrechen, der Werth von 78560°, also eine Zahl, die innerhalb der hier nothwendig stattfindenden Unsicherheit, von der früher gefundenen nicht wesentlich abweicht.

Der Druck (p_i) in der oben erwähnten Tiefe von 2317 geographischen Meilen, aus welcher Eruptionen von 1.5 Minuten hervorbrechen, beläuft sich auf 66815000 Atmosphären, dagegen wird der Druck der Wasserstoffatmosphäre (nicht der Sonnenatmosphäre, die noch aus vielen anderen Stoffen besteht und selbstverständlich einen viel grösseren Druck ausüben muss), an der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche 17.5 Atmosphären, so dass die Druckdifferenz zwischen äusserem und innerem Druck gegenwärtig eine viel beträchtlichere wird.

Man sieht aus diesen Angaben von Minimalwerthen, dass es sich bei der grossen Ungenauigkeit der zu diesen Berechnungen nothwendigen empirischen Daten vorläufig nur darum handeln kann, ganz rohe Näherungswerthe zu erhalten, welche nicht sowohl die fraglichen Temperaturgrössen selbst als vielmehr nur die Ordnung derselben feststellen.

Genauere und allgemeine Temperaturbestimmungen der Sonne und Fixsterne, werden sich erst auf Grund von photometrischen Beobachtungen gleicher Theile zweier Spectra bewerkstelligen lassen (von denen das eine einem Körper von bekannter Temperatur angehört), wenn die analytische Form der KIRCHHOFF'schen Function ermittelt sein wird.

J. F. Julius Schmidt's Beobachtungen über die physische Beschaffenheit der Cometen.

Die oben mitgetheilten Beobachtungen von Pape und Winnecke erlaube ich mir durch die folgenden Citate aus den fleissigen und unter sehr günstigen Umständen angestellten Beobachtungen des Directors der Sternwarte zu Athen J. F. Julius Schmidt zu vervollständigen. Theils bestätigen sie die Thatsachen, theils liefern sie sehr werthvolle Anhaltspuncte zur Beurtheilung der Geschwindigkeit, mit welcher die Cometenmaterie vom Kerne ausgestossen wird, d. h. also der Geschwindigkeit der Dampfausströmung. Die Beobachtungen beziehen sich auf den Donati'schen Cometen und auf Comet II. 1862 und sind publicirt in den Astronomischen Nachrichten Bd. 59.

Ueber Donati's Cometen. Von J. F. Julius Schmidt, Director der Sternwarte zu Athen.

Astr. Nachr. Nr. 1399 Bd. 59.

(97) »Während ich vor vier Jahren zu Wien meine dort angestellten Beobachtungen des Cometen bearbeitete und zum Druck vorbereitete, finde ich gegenwärtig an demselben Orte eine Veranlassung, nochmals auf diesen Gegenstand zurückzukommen. Bond's grosse und ausgezeichnete Untersuchung (Annals of the

astronomical Observatory of Harvard College, Vol. III. Cambridge U. S. 1862), welche ich jüngst auf der Kaiserl. Sternw. kennen lernte, behandelt mit fast erschöpfender Sorgfalt sämmtliche Phänomene, welche der Comet dargeboten hat, und unter diesen namentlich auch die Lichtbögen oder Sectoren der Ausströmung.«

(105) »Im Mittel ergiebt sich demnach, dass nicht nur in den grössern (äussern) Sectoren die Geschwindigkeiten geringer waren, als in den innern, sondern auch, dass in einem und demselben Sector die Geschwindigkeit der Materie bei zunehmender Entfernung vom Kerne sich vermindert.«

(106) »Es gab für diesen Cometen eine sehr bestimmte Grenze, über welche hinaus (in der Richtung zur Sonne), scharfbegrenzte Bögen nicht mehr gesehen wurden, und schon bei 3000 Meilen Abstand vom Kerne war der, anscheinend von der Sonne bewirkte Widerstand so bedeutend, dass bereits vor dieser Grenze die Umrisse erloschen, deren Helle und Schärfe bei zunehmender Entfernung vom Kerne ähnlich sich schwächten, wie am Cometen von 1861.«

(106—108) »Nach ungefährer Berücksichtigung der Gewichte stellt sich im Mittel γ, oder die stündliche scheinbare Geschwindigkeit der Ausströmung, gültig für die Entfernung I, auf 3.″73 oder 0.435 Erdhalbmesser, woraus sich die wahre Geschwindigkeit in einer Secunde = 395.6 Toisen ergiebt. Da aber der wahrscheinliche Fehler hier mindestens $\pm$ 50 Toisen beträgt, so genügt es, diese Geschwindigkeit g in 1ˢ = 400 Toisen oder 2400 Par. Fuss anzunehmen.

Durch die Kenntniss der Werthe γ und γ' wird es nun möglich, sowohl die Anfangsgeschwindigkeiten, als auch die Epochen der Neubildung der Sectoren, annähernd zu bestimmen. Indessen begnüge ich mich mit wenigen Andeutungen, weil von nun an ein unsicheres Gebiet beginnt. Die primitiven Geschwindigkeiten müssen zu 800 bis 1000 Toisen in der Secunde angenommen werden. Für die Anfangszeiten der aufeinander folgenden Sectoren (Ablösung von staubförmigen Kugelschalen) finde ich beispielsweise:

			Die Zwischenzeiten sind:
Septbr. 29	1.1	Anfang von ϱ'	
Octbr. 2	22.6	„ „ ϱ'	93.5 Stunden
„ 3	2.9	„ „ ϱ	4.3 „
„ 3	12.9	„ „ ϱ'	25.1 „
„ 4	4.0	„ „ ϱ	10.0 „
„ 4	22.1	„ „ ϱ'	24.0 „
„ 5	4.8	„ „ ϱ	15.1 „
„ 6	1.8	„ „ ϱ	21.0 „
„ 6	16.7	„ „ ϱ'	18.1 „
„ 7	1.7	„ „ ϱ	23.4 „
etc.		etc.	etc.

Um zu erkennen, nach welchen Intervallen sich etwa die Neubildungen wiederholten, vorausgesetzt nämlich, dass überhaupt eine regelmässige Periode existire, betrachte ich jene Intervalle 93.5, 4.3, 25.1 etc. als Vielfache, irgend einer kurzen, noch unbekannten Periode. Ich ging nun von 5 Hypothesen aus, um zu versuchen, ob jene Periode zu finden sei, und, geleitet durch meine eigenen Beobachtungen, von der Ansicht, dass diese Perioden kurz sein müssten, und wenige Stunden nicht überschreiten dürften. Der Reihe nach setzte ich 4, 5, 6, 8, 11 Stunden als Hypothese für das Intervall zwischen je zwei Neubildungen der Sectoren. Für die erste Hypothese ergab sich beispielsweise:

Per. = 4.06 Stunden	Per. = 4.52 Stunden
4.30 „	4.68 „
4.18 „	4.18 „
5.00 „	3.72 „
4.00 „	3.93 „
5.03 „	3.75 „
4.20 „	etc.

Nachdem ich auf diese Weise die 5 Hypothesen geprüft, für jede ihrer Zahlreihen die Mittel bestimmt, und aus den Abweichungen der einzelnen Angaben vom Mittel die Quadratsummen der übrigbleibenden Fehler = Σ gefunden hatte, ergab sich:

1. Hypothese.	Periode:	4.27 Stund.	aus 21	Angab.	Σ = 2.94
2. „	„	5.15 „	„ 19	„	4.38
3. „	„	6.57 „	„ 17	„	6.49
4. „	„	8.17 „	„ 19	„	13.20
5. „	„	10.88 „	„ 16	„	19.13

Ohne sich durch das rasche Wachsen von Σ im Urtheil bestimmen zu lassen, fällt die Wahl der Periode nicht schwer; denn wäre diese Periode z. B. nur zwei Stunden lang gewesen, so hätte nicht nur ich, sondern die Mehrzahl der Beobachter der Wahrscheinlichkeit nach solche Neubildungen öfter sehen müssen. (Ich selbst sah zwei derselben sicher.) War die Periode aber 10 bis 12 Stunden, so ist damit das Erscheinen von 3 bis 4 neuen Bögen an einzelnen Tagen unverträglich, alles unter der Voraussetzung, dass die Periode nahe constant, und dass meine Bestimmung der Geschwindigkeiten die richtige sei. Demnach halte ich für wahrscheinlich, dass die Sectoren in 4 bis 6 Stunden Zeitintervall sich bildeten, wofür BOND 4 bis 7 Tage gefunden hat.

Wenn ich jetzt versuchsweise 4 bis 5 Stunden für die Periode der Neubildungen setze, so zwar, dass in 24 Stunden sich je 5 neue Sectoren vom Kerne ablösten, und gegen die Sonne aufstiegen, so erhält man von Septbr. 15 bis Octbr. 15 schon 150 verschiedene Ausströmungen. Erinnert man sich, dass zur Erklärung des dunkeln Raumes hinter dem Kerne, die Annahme vieler ineinandersteckender Nebel-Conoide genügt (wie neuerdings WINNECKE nachgewiesen hat), so gewinnt meine Ansicht von der raschen Aufeinanderfolge der Sectoren schon aus diesem Grunde an Gewicht, ganz abgesehen von den Beweisen für die Grösse der stündlichen Bewegungen, die aus MÄDLER's und meinen Messungen abgeleitet wurden. Nach der Hypothese von BOND würden in dem oben bezeichneten Zeitraume nur etwa 5 bis 6 Neubildungen erfolgt sein.

Der Unterschied zwischen meinen Resultaten und denen von BOND ist also im Kurzen dieser:

1) Hypothese von BOND.

Stündliche Geschwindigkeit im Sector zwisch. 0''.12 u. 0''.07 (pag. 346)
Tägliche ,, ,, ,, ,, 2.94 ,, 1.60
Periode der Neubildungen zwischen 4.7 und 7.3 Tagen (p. 349).

2) Resultate aus MÄDLER's und meinen Messungen.

Stündliche Geschwindigkeit im Sector = 3''.73 im Mittel aus allen.
Tägliche ,, ,, ,, = 1½ Bogenminuten.
Periode der Neubildungen in 4 oder 5 Stunden.«

Ueber den Cometen II. 1862 kündigt SCHMIDT in einem Schreiben an den Herausgeber der Astronomischen Nachrichten die Resultate seiner Beobachtungen an.

Diese selbst werden in Nr. 1395 Bd. 59 p. 33—42 mitgetheilt. Hier mögen einige characteristische Stellen folgen, deren Inhalt wie man sehen wird, sich mit Leichtigkeit aus den Principien meiner Theorie erklärt.

Ueber den Cometen II. 1862.

(33) »Durch die stete Klarheit des attischen Himmels begünstigt, habe ich im August und September d. J. eine so vollständige Beobachtungsreihe über die Lichterscheinungen des Cometen erhalten, dass ich leicht im Stande war, den äussern Zusammenhang eines Theils der merkwürdigen Phänomene zu erkennen und, bis zu gewissen Grenzen hin, durch Zahlen anschaulich zu machen. Es ist der Zweck dieser Mittheilung, jenen Zusammenhang nachzuweisen, ohne indessen für jetzt die Absicht zu hegen, Vermuthungen über die Ursachen jener Hergänge auszusprechen.«

Helligkeit des Kernes.

(35. 36) »Werden nämlich die beobachteten Intensitäten des Kerns durch eine Curve dargestellt, so zeigt sich diese wellenförmig und so regelmässig, dass die Abweichungen von den wirklichen Beobachtungen nicht einmal eine halbe Sterngrösse erreichen. Die extremen Werthe dieser Wellencurve sind die folgenden:

Maxima des Kerns.

Aug.	13.71	7ᵐ42	
			2.54
,,	16.25	7.32	
			2.48
,,	18.73	7.30	
			2.10
,,	20.83	7.08	
			2.79
,,	23.62	7.33	
			3.10
,,	26.72	6.82	
			2.84
,,	29.56	6.60	
			2.56
Sept.	1.12	6.78	
			3.05
,,	4.17	7.00	
			3.45
,,	7.62	7.95	
			3.13
,,	9.75	7.80	
			2.67
,,	12.42	8.90	
			2.58
,,	15.00	9.35	

Minima des Kerns.

Aug.	14.92	9ᵐ00	
			2ᵀ58
,,	17.50	8.88	
			2.25
,,	19.75	9.10	
			2.37
,,	22.12	9.33	
			3.00
,,	25.12	11.07	
			3.09
,,	28.21	10.80	
			3.03
,,	31.24	10.50	
			2.88
Sept.	3.12	10.60	
			2.46
,,	5.58	10.63	
			3.10
,,	8.68	10.30	
			3.07
,,	11.75	11.00	
			1.99
,,	13.75	11.22	

Hiernach erkennt man, dass nur die Maxima und Minima des Glanzes, für sich betrachtet, einen regelmässigen Gang erhalten, und dass die ersteren genau die Curve derjenigen Helligkeit befolgen, welche aus der gewöhnlichen Rechnung nach den Quadraten der Entfernungen des Cometen von der Sonne und der Erde resultiren. Man bemerkt ferner, dass zur Zeit des absoluten Maximum auch die kleinsten Intensitäten auftreten, also die grösste Differenz sich ergab in der Periode von nahe 3 Tagen. Die Periode selbst stellt sich im Mittel:

aus den Maximis des Lichtes = 2.691 ± 0.269 Tage,
aus den Minimis des Lichtes = 2.711 ± 0.284 Tage.

Die Ansicht dieser Wellencurve zeigt aber unmittelbar, dass die Puncte der Maxima und der Minima, beide für sich betrachtet, wiederum regelmässigen Curven angehören, welche ich »Grenzcurven der Extreme« nennen und durch M und M' bezeichnen werde. Unter der sehr zulässigen Voraussetzung, dass die Lichtschätzungen nur halbe Sterngrössen unsicher sein können, lege ich durch die Maxima allein die Curve M, und durch die Minima allein die Curve M', beide in der Art, dass sie nach grösster Regelmässigkeit trachten, also jeden Sprung, jede Seitenbiegung vermeiden. Hierdurch verschieben sich sowohl die Puncte der Maxima und Minima, als auch in geringem Masse die von M und M' eingeschlossenen übrigen Theile der Wellencurve. Das so behandelte System ergiebt dann die Periode im Mittel:

aus den Maximis des Lichtes = 2.698 Tage,
aus den Minimis des Lichtes = 2.907 „

mit nahe denselben wahrscheinlichen Fehlern wie früher. Im Mittel setze ich schliesslich die Dauer der Lichtperiode des Kerns = 2.7015 Tage.«

(37) »Die Grenzcurve der Maxima setzt also, ebenso wie die gewöhnliche Rechnung über die Helligkeit des Cometen, das grösste Licht auf das Ende des August; hier der 30. etwa, nach der Bahnrechnung der 31. August. Sie giebt, wie ich glaube, die Werthe für jene Momente, da der Kern jedesmal seine normale Grösse hatte, während die Curve der Minima anzeigt, dass die grösste Lichtschwäche, oder die grösste temporäre Erschöpfung

des Kerns, etwas später als das Perihel, eingetreten ist. Man bemerkt aber ausserdem, dass die sehr rasche Aenderung der Werthe in der letzten Columne, die also die Unterschiede der extremen Helligkeiten jeder einzelnen Periode bezeichnen, etwa mit Aug. 22, oder mit dem Tage des Perihels beginne, dass um diese Zeit und etwas später die grössten Actionen des Kerns stattfanden.«

(38) »Mit dem grössten Glanze des Kerns verbunden war entweder der schmälste leuchtende Strömungsfächer, oder an seiner Stelle das helle difuse Licht mit dem Nebenfächer, während sich mit der geringsten Helligkeit des Kerns die grösste, lichtschwächste, gekrümmte Gestalt des Fächers verbunden zeigte. Den Zusammenhang mit den Extremen der Werthe $(\pi - \Pi)$ ersieht man aus dem später folgenden Theile.«

Periode der Drehung des Strömungsfächers.

(38) »Ohne darüber zu entscheiden, ob ein und derselbe Strömungsfächer eine scheinbare Schwingung gegen die Projection des Radiusvector gemacht habe, während die oben ermittelte Periode von 2.7 Tagen verfloss, oder ob in dieser Zeit Neubildungen des Fächers entstanden, die ebenso ihre Bewegung fortsetzen wie ihre Vorgänger, werde ich mich darauf beschränken, nachzuweisen, dass die scheinbaren Neigungswinkel des Strömungsfächers gegen die Achse des Schweifes die ich $(\pi - \Pi)$ nenne, in der Periode von 2 bis 3 Tagen ihre Maxima und Minima erreichten.«

(39) »Hiernach findet man im Mittel die Dauer der Periode:
aus den Maximis von $(\pi - \Pi) = 2.625 \pm 0.297$ Tage,
aus den Minimis von $(\pi - \Pi) = 2.593 \pm 0.264$,, .

Die scheinbaren Schwingungen $= s$ des Strömungsfächers gegen die Achse des Schweifes dagegen lassen sich aus der Curve nach den einzelnen Perioden geordnet, so darstellen:

Vom Max. bis Min.			Vom Min. bis Max.		
Aug.	13—14	$s = -42°0$	Aug.	14—16	$s = +38°2$
,,	16—17	,, -55.7	,,	17—18	,, $+47.5$
,,	18—19	,, -60.2	,,	19—21	,, $+77.9$
,,	21—22	,, -84.0	,,	22—24	,, $+96.8$

Vom Max. bis Min.			Vom Min bis Max.		
Aug.	24—25	$s = -74.0$	Aug.	25—26	$s = +59.8$
,,	26—27	,, -76.8	,,	27—29	,, $+54.0$
,,	29—30	,, -64.0	,,	30—31	,, $+28.8$
Sept.	1—2	,, -46.3	Sept.	2—3	,, $+22.5$
,,	3—4	,, -37.0	,,	4—5	,, $+20.5$
,,	5—6	,, -31.8	,,	6—7	,, $+19.3$
	etc.			etc.	

Der blosse Anblick der Curve zeigt sogleich, dass die Puncte der Maxima und Minima, beide für sich betrachtet, sich wieder genau durch regelmässige Curven darstellen lassen. Diese nenne ich die Grenzcurven für die Extreme der scheinbaren Schwingungen, und bezeichne sie mit μ und μ'. Sie haben eine fast vollkommene Aehnlichkeit mit den frühern M und M' bei der Lichtcurve.«

(40. 41) »Aus der letzten Columne erhellt, dass von Aug. 13 an die scheinbaren Schwingungen des Fächers innerhalb einer 2.7-tägigen Periode zunehmen, bis sie Aug. 22, am Tage des Perihels, ein scheinbares Maximum von 82° erreichten, um dann wieder abzunehmen.' Die durch den Einfluss der Grenzcurven bewirkte Veränderung des ganzen Curvensystems ändert nun auch die Epochen t so wie die Periode der Schwingungen; diese ist jetzt:

aus den Maximis $= 2.590 \pm 0.252$ Tage,
aus den Minimis $= 2.611 \pm 0.293$,, .

Da nun aber mit Sept. 5 eine, dem alten Fächer entgegengesetzte, mächtige Lichströmung ihren Anfang nahm, und somit wahrscheinlich die Natur der Bewegungen der Materie innerhalb der Coma gestört ward, ausserdem aber nach Sept. 5 die Beobachtungen unsicher und selbst zweifelhaft wurden, so kann man mit Sept. 5 abschliessen und hat dann:

die Periode der Maxima $= 2.697 \pm 0.171$ Tage,
die Periode der Minima $= 2.779 \pm 0.219$,, .

Im Mittel $= 2.738$ Tage, nahezu mit der früher bestimmten Lichtperiode übereinstimmend.«

(42) »Vorübergehend will ich noch bemerken, dass die Wiederkehr identischer Figuren des Schweifes im Mittel nach

2.82 Tagen, die der identischen Figuren des Fächers nach 2.99 Tagen erfolgte; also hat man:

Periode des Kernlichtes . . .	= 2.70	Tage	genau,
Periode von (π — Π)	= 2.74	,,	genau,
Periode ähnlicher Schweiffiguren	= 2.82	,,	beiläufig.
Periode ähnlicher Fächerfiguren	— 2.99	,,	beiläufig.«

Geschwindigkeit der Ausströmung.

(42) »Der Comet II 1862 gab mir nur einmal Gelegenheit, die Geschwindigkeit = g annähernd zu bestimmen, mit welcher in dem Fächer die Lichtmaterie des Kerns gegen die Sonne ausgeströmt wurde. Ohne jetzt in Details eingehen zu können, will ich hier, der Vergleichung wegen, die Werthe hersetzen, welche ich bis jetzt für 3 Cometen gefunden habe.

Donati's Comet 1858	g in 1^s = 371	Toisen,
Comet II 1861 . .	g in 1^s = 252	,, ,
Comet II 1862 . .	g in 1^s = 230	,, .«

Lamont's
Ansichten über die physische Beschaffenheit der Cometen.

Es gereicht mir zur grossen Freude, noch kurz vor dem Abschluss des vorliegenden Werkes in den Schriften eines hochverdienten deutschen Gelehrten allgemeine Anschauungen sowohl über die physische Beschaffenheit der Cometen, als auch über die electrischen und magnetischen Fernewirkungen der Himmelskörper zu begegnen, welche in den wesentlichen Puncten mit den von mir genauer begründeten Ansichten vollkommen übereinstimmen.

Nichts vermag neuen Wahrheiten schneller einen allgemeinen Eingang zu verschaffen, als die Ueberzeugung, dass verschiedene Menschen unabhängig zu gleichen Resultaten gelangt sind, — gleichgültig, in wie weit hierbei die Ausführlichkeit der Begründung übereinstimmt. Mögen also die folgenden Worte Lamont's namentlich der Aufmerksamkeit derjenigen empfohlen sein, bei denen sich in der Regel ein *amor vacui* mit dem *horror novi* zu vereinigen pflegt.

Die folgenden Stellen sind mit Angabe der Seitenzahlen einer Schrift entnommen, welche ein besonderer Abdruck aus der »Neuen Encyclopädie für Wissenschaften und Künste« ist und den Titel trägt:

was mit der Beobachtung übereinstimmt. Auch die Krümmung des Schweifes und die Excentricität des Kerns folgen aus dieser Hypothese, und zwar werden beide Erfolge um so grösser sein, je schneller sich der Schweif drehen muss. Es ist dadurch ein Kriterium gegeben, die Richtigkeit dieser Hypothese durch künftige Beobachtung zu prüfen.«

(97) »Es ist, wie bereits oben angedeutet wurde, allgemeine Regel, dass die Cometenschweife in der Bahnebene liegen, und von der Sonne gerade abgewendet sind. Die einzige mir bekannte Ausnahme macht der Comet von 1824, der zwei Schweife zeigte, den einen auf der Sonnenseite, den andern von der Sonne abgewendet, jedoch so, dass sie nicht in gerader Linie waren, sondern einen stumpfen Winkel mit einander machten. Ich glaube, dass es keineswegs unmöglich ist, auch diese Erscheinung mit den vorhergehenden Grundsätzen zu vereinbaren; jedenfalls gewährt aber ein isolirter Fall zu einem Erklärungsversuche keine hinreichende Grundlage.«

(98) »Arago glaubt nun aus seinen am Cometen von 1819 gemachten Wahrnehmungen, so sehr die Schwäche des Lichtes für entscheidende Versuche ungünstig war, den Schluss folgern zu dürfen, dass die Cometen uns reflectirtes Licht zusenden. Es ist damit gleichwohl noch nicht ausgesprochen, ob alles Cometenlicht von der Sonne erborgt ist, und ob nicht ein Theil wenigstens auf den Cometen selbst sich entwickelt. In der That wird kein Beobachter, der die Phänomene aufmerksam betrachtet, der Vorstellung sich erwehren können, dass am Cometenkern ein Entzündungsprocess, oder eine Verflüchtigung durch Hitze (wobei eine Lichtentwickelung stattfinden muss), vor sich geht.«

(98) »Im Alterthume glaubte man, dass es Cometen von verschiedener Natur und Gestaltung gebe, und Seneca zählt nicht weniger als 12 Classen derselben auf. Dass keine wesentlichen Unterschiede bestehen, ist gegenwärtig wohl von allen Astronomen anerkannt: ob dieselben Stoffe, dieselben Kräfte, dieselben Bedingungen ihres Wirkens in allen Fällen stattfinden, möchte zwar nicht als entschieden, aber doch als wahrscheinlich anzunehmen sein. Ich meines Theiles schliesse mich dieser An-

sich unbedenklich an und halte dafür, dass nur in der Grösse bei den Cometen ein wesentlicher Unterschied bestehe.«

(103) »Stoffe der Cometen und wirkende Kräfte. Ich habe im Vorhergehenden die Form der Cometen und die darauf vorkommenden Aenderungen zu bestimmen gesucht, und glaube, dass alle beobachteten Erscheinungen sich mit der hier gegebenen Vorstellung leicht vereinbaren lassen.«

(103) »Fasst man blos den Umstand in's Auge, dass die Theilchen des Cometenschweifes von der Sonne sich entfernen, so würde die Annahme einer Atmosphäre um die Sonne, wo die Theilchen aufsteigen wie der Rauch in unserer Luft, eine genügende Erklärung geben. Noch zweckmässiger wäre es, anzunehmen, dass die Aethertheilchen an der Vorderseite des Cometenkerns entzündet oder electrisirt werden und dann in den Weltraum hinausfliegen: in diesem Falle würde der Schweif den Cometen nur begleiten, nicht dazu gehören. — Vielleicht dürfte das Zodiakallicht mit den Cometenschweifen in einer Entstehung Aehnlichkeit haben.«

(103. 104) »Gegenwärtig nehmen die meisten Astronomen, wie schon oben angedeutet wurde, eine Polarkraft an, die man als gleichbedeutend mit unserer Electricität betrachten kann, so zwar, dass die Sonne nur eine Electricität (positive oder negative), die Cometen dagegen beide Electricitäten zugleich haben. Setzt man voraus, dass der Dunst, der die Cometen begleitet, electrisch ist, und zugleich vom Kerne angezogen wird, so lässt sich die Gestalt des Kopfes und Schweifes, desgleichen auch die Lage des Schweifes sehr befriedigend erklären; auch die Abnahme der Umlaufzeit, die Encke dem Widerstande des Aethers zuschreibt, würde, wie Herschel bemerkt hat, als Folge der allmäligen Abnahme der electrischen Spannung betrachtet werden können. Auf solche Weise wären schon sehr merkwürdige Andeutungen gewonnen; vergessen dürfen wir übrigens nicht, dass die Erweiterung unserer Kenntnisse in diesem interessanten Felde nicht im jetzigen Augenblicke durch Speculation zu bewerkstelligen ist, sondern der Zukunft gehört, und auf fleissige Beobachtung und sorgfältige Aufzeichnung aller wahrzunehmenden Umstände begründet werden muss.«

Lamont's
Ansichten über die physische Beschaffenheit des Weltraumes und die electrischen und magnetischen Fernewirkungen der Himmelskörper.

(66—68) »**Verschiedene Körper im Weltraume vorhanden.** So weit die bisherige Naturforschung fortgesetzt worden ist, hat man jedesmal gefunden, dass in dem Masse, als neue und genauere Forschungsmittel hergestellt wurden, die Wissenschaft an Umfang ebensowohl, als an Genauigkeit gewonnen hat. Das Microscop diente nicht blos dazu, bekannte Körper richtiger in ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenthümlichkeiten kennen zu lernen: es hat auch ganze Reiche selbständiger Wesen aufgeschlossen, die man vorher kaum geahnt hatte; und ebenso hat das Fernrohr am Himmel zur Entdeckung einer zahllosen Menge von Weltkörpern geführt, von deren Existenz wir jetzt noch ohne dieses Hülfsmittel keine Kenntniss erhalten hätten. Mit Beziehung auf diese Verhältnisse wird der rationelle Himmelsforscher sich wohl hüten, das für eine Grenze zu halten, wo unsere Forschung im jetzigen Augenblicke stehen geblieben ist. Wir kennen eine Anzahl grosser Körper, welche im Himmelsraume sich nach bestimmten Gesetzen bewegen, und da ihren angewiesenen Aufenthaltsort, ihre kosmische Bedeutung haben: wer aber damit das Reich der kosmischen Körper als abgeschlossen erklären wollte, würde eben so voreilig handeln, als

derjenige, der etwa den Elephanten, den Wallfisch und die grössern Thiere kennen gelernt hätte, und dann behaupten würde, es sei die Erde von keinem andern Thiere bewohnt. Man darf übrigens diese Ansicht nicht etwa dahin deuten, als wenn sie phantastische Speculation begünstigte: es soll vielmehr darin nur die Aufforderung liegen, unermüdet zu suchen, und jeden vorkommenden Umstand in allen seinen Beziehungen auf das Sorgfältigste zu beachten. Mit Hinsicht auf diesen Zweck wollen wir Einiges andeuten, was den Gegenstand astronomischer Speculation gebildet hat, oder in nächster Zukunft bilden dürfte.

Der Aether als Träger des Lichtes, der Wärme, der Gravitation. Für's Erste ist es eine merkwürdige Sache, wie das Licht der Himmelskörper zu uns gelangt. Den Bemühungen der Physiker ist es gelungen, mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit nachzuweisen, dass sich das Licht durch Wellen fortpflanze, und die Empfindung des Sehens durch Lichtwellen ebenso zu Stande komme, wie das Hören durch Luftwellen. Wird nun das Licht durch Wellen fortgepflanzt, so muss man etwas haben, worin diese sich bilden, etwas Luftartiges, einen Aether. Wir wären hiernach genöthigt, den Weltraum überhaupt als mit Aether ausgefüllt anzusehen.

Aehnliche Bewandtniss hat es mit der Wärme: auch sie bedarf eines Trägers, um sich im Raume fortzupflanzen; dass derselbe Aether, der die Lichtwellen zu uns bringt, auch die Wärme in gleicher Weise fördert, darf wenigstens ohne Untersuchung kaum vorausgesetzt werden.

Es gab eine Zeit, wo man nach allen vorliegenden Erfahrungen von dem Lichte und der Sonnenwärme hätte sagen können, sie seien Kräfte, die in der Ferne wirken, Kräfte, die im Augenblicke über unendliche Räume sich verbreiten: als man aber durch weitere Forschung erkannt hatte, dass sie von Punct zu Punct sich fortpflanzen, und allerdings einer Zeit dazu bedürfen, da fand die Idee einer in der Ferne wirkenden Kraft — wie wir uns jetzt die Gravitation vorstellen — auf diese Classe von Phänomenen keine Anwendung mehr. Ob nicht auch eine Zeit kommen wird, wo man die Gravitation als etwas Fortgepflanztes — als eine Strömung — erkennen, und einen Träger, viel-

leicht denselben Aether — berühren wird, — möchte nicht gerade als ausgemacht jetzt noch zu betrachten sein, und einige Wirkungen, die wir wahrnehmen, — z. B. die abnehmende Geschwindigkeit der Mondbewegung — *könnten* wir einer solchen Ursache beimessen. Auch begegnen wir hier der charakteristischen Thatsache, dass stets grosse Anziehungskraft mit grosser Lichtentwickelung verknüpft ist. Vorläufig indessen ist kein hinreichender Grund zur Annahme einer solchen Hypothese vorhanden; und den Aether hätten wir nur anzunehmen in der Weise, dass er den Bedingungen der Fortpflanzung des Lichts und der Wärme entspreche.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass in dieser Untersuchung erst der Anfang gemacht ist. Man nimmt einen elastischen Aether an, um die Fortpflanzung gewisser Wirkungen zu erklären; ist aber wirklich ein Aether vorhanden, so wird sich seine Existenz durch *verschiedene* Umstände kund geben müssen. Eine elastische Flüssigkeit müsste sich in den Raum zerstreuen, wenn sie nicht durch irgend einen Körper angezogen und zusammengehalten würde, wie unsere Luft durch die Erde angezogen wird. Giebt man dies einmal zu, so folgt, dass näher am Mittelpuncte der Anziehung der Aether *dichter* sein muss, als in grosser Entfernung davon, und da die Richtung und Geschwindigkeit der Wellenfortpflanzung von der Dichtigkeit des Mittels abhängt, so folgt ferner, dass das Licht sich nicht in allen Theilen des Raumes in gerader Linie fortpflanzen könne. Endlich wird es nothwendig werden, mehrere Mittelpuncte der Anziehung — vielleicht eben so viele als es selbstleuchtende Körper giebt — anzunehmen. Auf solche Weise wird die Fortpflanzung des Lichtes, die uns jetzt so höchst einfach erscheint, eine sehr verwickelte Frage, zu deren Lösung wahrscheinlich genauere Beobachtungs-Mittel gehören, als wir jetzt noch besitzen.

Der Aether als widerstehendes Mittel. Noch eine andere, wenn auch problematische, Thatsache scheint uns in die Nothwendigkeit zu versetzen, den Weltraum mit irgend einer luftartigen Substanz auszufüllen. Encke hat bei Berechnung des Cometen, der seinen Namen trägt, gefunden, dass die Umlaufs-

zeit beständig abnimmt, als wenn die Bewegung sich beschleunigte, und dass die Beschleunigung gerade in dem Verhältnisse fortschreitet, wie es sein müsste, wenn der Comet in einer widerstehenden Flüssigkeit sich zu bewegen hätte[1]). Auffallend ist es freilich, dass die Bewegung des HALLEY'schen Cometen keine Spur eines solchen Widerstandes gezeigt hat.«

(68. 69) »Das Zodiakallicht. Wir haben noch des Zodiakallichtes zu erwähnen, das ebenfalls durch irgend etwas Materielles — Luft- oder Dunstartiges — veranlasst sein muss. Den Meisten ist das Zodiakallicht = Licht — jener helle Streifen, der bei uns besonders vom Februar bis April an heitern Abenden im Westen, Morgens in Osten sich kegelförmig erhebt und nahe bis zum Zenith hinaufreicht — aus eigener Anschauung bekannt; um aber das Phänomen richtig aufzufassen, muss man die Beobachter hören, die es in der heissen Zone zu sehen Gelegenheit gehabt haben. »»Seit 3 oder 4 Nächten««, sagt der hochgefeierte Verfasser des »Kosmos«, »»(zwischen 10° und 14° nördlicher Breite) sehe ich das Zodiakallicht in einer Pracht, wie es mir noch nie erschienen ist. In diesem Theile der Südsee ist, auch nach dem Glanze der Gestirne und Nebelflecken zu urtheilen, die Durchsichtigkeit der Atmosphäre wundervoll gross. Vom 14. bis 19. März war sehr regelmässig $\frac{3}{4}$ Stunden, nachdem die Sonnenscheibe sich in das Meer getaucht hatte, keine Spur von Thierkreis-Lichte zu sehen, obgleich es völlig finster war. Eine Stunde nach Sonnenuntergang wurde es auf einmal sichtbar, in grosser Pracht zwischen Aldebaran und den Plejaden am 18. März 39° 5′ Höhe erreichend. Schmale langgedehnte Wolken erscheinen zerstreut in lieblichem Blau, tief am Horizont, wie vor einem gelben Teppich. Die obern spielen von Zeit zu Zeit in bunten Farben. Man glaubt, es sei ein zweiter Untergang der Sonne. Gegen diese Seite des Himmelsgewölbes hin scheint uns dann die Helligkeit der Nacht zuzunehmen, fast wie im ersten Viertel des Mondes. Gegen 10 Uhr war das Zodiakallicht hier in der Süd-

---

1) Der Widerstand des Aethers hält die Bewegung des Cometen auf, so dass er nicht so weit, als es sonst der Fall wäre, von der Sonne sich entfernt: die Folge davon ist, dass er früher in die Sonnennähe wieder zurückkommt.

see gewöhnlich schon sehr schwach, um Mitternacht sah ich nur eine Spur desselben. Wenn es den 16. März am stärksten leuchtete, so ward gegen Osten ein Gegenschein von mildem Lichte sichtbar.«

Diese merkwürdige Erscheinung ist von Einigen einer sehr abgeplatteten Dunsthülle der Sonne zugeschrieben worden; Andere haben einen flachen Dunstring zwischen der Bahn der Venus und des Mars angenommen. Die erstere Erklärungsweise ist unzulässig, da nach mechanischen Gesetzen die Sonnen-Atmosphäre nicht in solchem Masse abgeplattet sein kann: in Beziehung auf die zweite hebe ich nur den Umstand hervor, dass, wenn sie begründet wäre, ein Beobachter am Aequator und ein Beobachter in unserer geographischen Breite das Phänomen zu derselben Zeit, aber nicht genau in derselben Gestalt und an derselben Stelle des Himmels sehen sollten. Nun scheint aus den freilich wenig zahlreichen Angaben, die wir besitzen, entschieden hervorzugehen, dass das Zodiakallicht in den verschiedenen Breiten nicht zu gleicher Zeit, aber an derselben Stelle und in derselben Gestalt sich zeigt.

Wäre es erlaubt, zu den bereits vorhandenen Hypothesen eine neue hinzuzufügen, so würde ich auf die Aehnlichkeit des Zodiakallichtes mit den Cometenschweifen aufmerksam machen. Wie die Cometen den Dunst des Schweifes, der viele Millionen Meilen sich entfernt hat, wieder an sich bringen, ist mir nicht wohl begreiflich: dass diese Materie im Weltraume sich zerstreue, und nach und nach die Cometen sich auflösen, ist wiederum weder durch Beobachtung hergestellt, noch der Analogie angemessen, welche uns überall das Weltsystem als stabil und unveränderlich zeigt. Es müsste also das, was im Cometenschweife leuchtet, dem Weltraume angehören, sich blos entzünden am Cometen, und von der Sonne hinausfliegen. In diesem Falle wäre aber die Annahme zulässig, dass auch an den Planeten eine ähnliche Lichtentwickelung stattfinde, und als solche könnte man das Zodiakallicht betrachten. Die Thatsachen reichen nicht hin, eine Bestätigung oder eine Widerlegung zu begründen, und wir müssen vorläufig uns damit begnügen, das Zodiakallicht unter die problematischen Erscheinungen einzureihen.

Es scheint mir nicht unwichtig, die Bemerkung hier noch beizufügen, dass, während ich selbst in München häufig Gelegenheit gehabt habe, das Zodiakallicht in grosser Intensität zu sehen, MUNCKE in Heidelberg, seiner Versicherung zufolge, es niemals wahrzunehmen vermochte. Es würde darnach die Vermuthung entstehen können, dass das Zodiakallicht von der Oertlichkeit abhänge, was mit den übrigen Eigenthümlichkeiten dieses Phänomens gerade keineswegs unverträglich wäre. Dass eine ähnliche Abhängigkeit bei dem Nordlichte stattfindet, halte ich für höchst wahrscheinlich, da ich häufig bei magnetischen Störungen, wo ich mit aller Aufmerksamkeit am Himmel nachsah, in der Erwartung, ein Nordlicht wahrnehmen zu können, keine Spur bemerkte, während anderwärts, namentlich in Parma und Brüssel, die Erscheinung deutlich sich zeigte.«

Ueber die electrische Fernewirkung als eine allgemeine Eigenschaft aller Himmelskörper, spricht sich LAMONT in POGGENDORFF's Annalen, Bd. CXVI (1862), folgendermassen aus:

(615—617) »Aber welche cosmische Kraft haben wir als diejenige zu bezeichnen, wodurch die Grösse der magnetischen Variationen und die Häufigkeit der Sonnenflecken erzeugt wird? Hr. SABINE, welcher in der bereits oben angegebenen Weise sehr rationell die Möglichkeit eines Zusammenhanges im Allgemeinen zu begründen suchte, hat es nicht angemessen gefunden, auf die eben erwähnte Frage einzugehen, jedoch kann hier erwähnt werden, dass er bei anderen Untersuchungen eine directe magnetische Einwirkung der Sonne auf die Magnetnadel annimmt. Ich meinestheils habe bei verschiedenen Gelegenheiten auf die Nothwendigkeit hingewiesen, neben der Gravitation die Electricität als eine allen Himmelskörpern zukommende und überall im Weltraume wirkende Kraft anzunehmen, und zur Unterstützung der Hypothese ausser den Erscheinungen der Cometen, des Nordlichtes, des Zodiakallichtes auch die tägliche Oscillation des Barometers angeführt. Ich habe ferner angedeutet, wie die Electricität der Sonne als Ursache der täglichen magnetischen Bewegungen und die Sonnenflecken als electrische Ausbrüche betrachtet werden könnten; hiernach würden zahlreiche Sonnenflecken eine grössere

Entwickelung von Electricität anzeigen, und es wäre auf solche Weise ein natürlicher Zusammenhang zwischen der Anzahl der Sonnenflecken und den magnetischen Bewegungen hergestellt[1]. Auch Herr BROUN scheint auf einen einigermassen ähnlichen Gedankengang geführt worden zu sein, wenn er ihn gleich nicht so weit verfolgt hat; denn er begnügt sich, seine Ansicht dahin auszusprechen, dass die bisher in Betracht gezogenen Kräfte nicht ausreichen, und hebt verschiedene Thatsachen hervor, welche die Annahme einer magnetischen oder electrischen Kraft zu fordern scheinen.

Die Unbestimmtheit aller dieser Aeusserungen in unserer sonst an ausführlichen Hypothesen so fruchtbaren Zeit scheint einen hinreichenden Beweis dafür zu liefern, wie unsicher die jetzt noch vorhandenen Grundlagen sind. In der That steht kaum zu hoffen, dass es der Speculation gelingen wird, die Untersuchung wesentlich zu fördern, bis durch künftig fortgesetzte Beobachtung neue Anhaltspuncte gewonnen sind. Die nächste Aufgabe geht also dahin, die Beobachtung der Erscheinungen in zweckmässiger und methodischer Weise fortzusetzen und weiter auszudehnen.«

---

1) Jahresbericht der Münchener Sternwarte für 1858. p. 71.

2) Rep. Brit. Association for 1859. p. 43.

Kepler's Anschauungen über die magnetischen Fernewirkungen der Weltkörper und die Rotation der Sonne.

Dass die Sonne eine magnetische Fernewirkung ausübt, ist in neuerer Zeit bereits durch die ersten Beobachtungsreihen der erdmagnetischen Constanten als höchst wahrscheinlich und durch die neuesten Resultate [1]) über jeden Zweifel erhoben worden.

Bereits im Jahre 1837 hat GAUSS in den »Resultaten aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins 1836 III«, als er die Monatsmittel der magnetischen Declination in Göttingen aus den drei Jahren 1834 bis Anfang 1837 discutirte, die Annahme einer Einwirkung der Sonne auf den Erdmagnetismus als eine nothwendige betrachtet. Der Satz, in welchem GAUSS dies ausspricht befindet sich im V. Bande seiner gesammelten Werke p. 559 und lautet folgendermassen:

> »Man sieht, dass nicht blos in den Mittelwerthen, sondern auch in jedem einzelnen Jahre der Unterschied im December am kleinsten gewesen ist, und findet dies auch sehr natürlich, da die nach den Tageszeiten wechselnden Aenderungen nothwendig einer Einwirkung der Sonne zugeschrie-

1) HORNSTEIN. Ueber die Abhängigkeit des Erdmagnetismus von der Rotation der Sonne. Sitzungsberichte der Kaiserl. Academie der Wissenschaften zu Wien. (1871. Juni 15.)

ben werden müssen, wenn wir auch für jetzt noch nicht wissen, wie diese Einwirkung geschieht.«

Man sieht hieraus, dass die physische Beschaffenheit dieser Einwirkung noch unbestimmt gelassen wird. Sie könnte z. B. in der periodischen Erwärmung der Erde durch die Sonne gesucht werden.

In ganz bestimmter Weise legt jedoch MOISE LION der Sonne magnetische Eigenschaften bei, wie dies aus folgendem Satze seiner am 15. März 1847 der Pariser Academie übersandten Schrift »Magnétisme terrestre ou nouveau principe de Physique céleste« hervorgeht:

»Le Soleil agit sur la Terre comme un aimant sur un globe de fer, c'est-à-dire comme un solénoïde colossal sur un corps magnétique; son action directe et simultanée sur notre globe et sur l'aiguille aimanté produit les principales ou plutôt toutes les variations périodiques du magnétisme terrestre.« (*Comptes rendus LXXIII p.* 1230.)

Die folgenden Citate aus KEPLER's Abhandlung: *»De motibus stellae Martis«* 1608 [1]) werden nun beweisen, dass KEPLER, wenn auch aus ganz andern Gründen, ebenfalls der Sonne und allen Himmelskörpern magnetische Eigenschaften beilegt, und dieselben aufs Engste mit ihrer Rotation und den strudelartigen Strömungen an ihren Oberflächen in Verbindung setzt. Wenn man berücksichtigt, dass die electrischen Fernewirkungen zur Zeit KEPLER's überhaupt noch nicht in allgemeinen Erscheinungen bekannt waren, so wird man in allen Argumenten für die Annahme magnetischer oder denselben ähnlicher bewegender Kräfte dieselbe logische Folgerichtigkeit wie in der Cometentheorie KEPLER's wiederfinden. Die Rotation der Sonne war bekanntlich zur Zeit der Abfassung des erwähnten Werkes noch nicht durch Beobachtungen bestätigt. [2])

Caput XXXIII.

300) *»Virtutem, quae planetas movet, residere in corpore Solis.*

Cum ergo demonstratum sit capite superiori, moras planetae in aequalibus partibus circuli eccentrici sive in aequalibus spatiis

---

1 JOANNIS KEPLERI opera omnia. Vol. III. p. 300 ff. ED. FRISCH.

2 DAVID FABRICIUS »De maculis in sole observatis.« 1611.

Die von GALILEI fast gleichzeitig gemachte Entdeckung beruht jedoch nach dem Zeugnisse des Erzbischofs DINI und GIUCHIA's auf Beobachtungen, die nicht über den Monat Mai 1611 hinausgehen.

aurae aethereae) esse in proportione ea, in qua sunt ad invicem eorundem spatiorum abscessus a puncto, unde computatur eccentricitas; seu simplicius: quo longius abest planeta a puncto illo, quod pro centro mundi assumitur, hoc debilius illum incitari circa illud punctum: necessarium est igitur, ut causa hujus debilitationis insit aut in ipso planetae corpore eique insita vi motrice, aut in ipso suscepto mundi centro.

Est siquidem usitatissimum axioma per universam philosophiam naturalem: eorum, quae simul et eodem modo fiunt et easdem ubique dimensiones accipiunt, alterum alterius causam aut utrumque ejusdem causae effectum esse; ut hic intentio et remissio motus cum accessu et recessu a centro mundi in proportione perpetuo coincidit. Quare vel debilitatio ista erit causa discessionis sideris a centro mundi, vel discessio debilitationis, vel ultriusque erit aliqua causa communis. At neque opinari quisquam potest, tertium aliquid concurrere, quod duobus hisce communis causa sit; et in sequentibus capitibus patebit, non esse nobis necesse tale quippiam confingere, cum sufficiant duo ista sibi ipsis.«

(300) »Corpus vero planetae se ipso neque gravius discessu neque levius appropinquando efficitur. Animalem quoque vim, quae motum sideri inferat, sedentem in mobili planetae corpore, toties intendi et remitti citra fatigationem et senium, id forsan erit absurdum dictu. Adde, quod intelligi nequit, quomodo vis haec animalis corpus suum per spatia mundi transvectet, cum nulli sint orbes solidi, ut Tycho Brahe demonstravit: sed neque alarum aut pedum adminicula adsint rotundo corpori, quorum motatione anima hoc suum corpus per auram aetheream, ceu aves per aërem, nisu quodam et contranisu illius aurae transportet.

Relinquitur igitur, ut causa hujus debilitationis et intensionis resideat in termino altero, scilicet in ipso suscepto mundi centro, a quo distantiae computantur.«

(301) »Sole igitur in centrum systematis competente, fons virtutis motricis ex jam demonstratis in Solem competet, cum et ipse in centro mundi jam modo repertus sit. Sane si hoc ipsum, quod jam a posteriori (ex observationibus) per longiusculam deductionem demonstravi, si hoc, inquam, a priori (ex dignitate et

praestantia Solis) demonstrandum suscepissem ut idem sit fons vitae mundi (quae vita in motu siderum spectatur), qui est et lucis, quo totius machinae constat ornatus, qui itidem et caloris, quo omnia vegetantur; puto me aequis auribus audiri meruisse. Videat autem ipse Tycho Braheus, seu quis est qui illius generalem hypothesin secundae inaequalitatis sequi malit, qua veri specie hanc physicam concinnitatem ex potissma parte receptam (nam et ipsi per usurpationem loci apparentis Solis Sol recidit in centrum systematis planetarii) parte una iterum a sua hypothesi repellat.

Etenim ex dictis apparet, alterum omnino sequi: aut ut virtus in Sole residens, quae planetas omnes movet, eadem et Terram moveat: aut ut Sol, illique per vim suam motricem concatenati planetae, a virtute aliqua, quae in Tellure sedeat, circa Terram vehantur.«

(302) »Sed pergamus in contemplatione hujus in Sole residentis motricis virtutis, et jam porro videamus arctissimam ejus cum luce cognationem. Nam quia figurarum regularium similium adeoque et circulorum perimetri sunt ad invicem, uti earum semidiametri; . . . .«

(302) »Ergo ut circulus δ ad circulum ε angustiorem, ita virtus ε ad virtutem δ conversim: hoc est, quanto sparsior virtus, tanto imbecillior: et contra quanto collectior, tanto fortior. Hinc intelligimus, tantundem virtutis esse in universo ambitu circuli per δ, quantum in ambitu angustioris circuli per ε; quod in Optica Astronomiae parte capite primo plane in eundem modum et de luce demonstratum est. Ergo undiquaque conspirant omnibus attributis lux et virtus motrix ex Sole.

Et quamvis haec Solis lux virtus ipsa movens esse nequeat, videant tamen alii, utrum sese habeat lux instar instrumenti aut vehiculi fortasse cujusdam, quo virtus movens utatur.«

(303) »Ac ne nimium insolenter philosophari videar, proponam lectori exemplum lucis plane genuinum, cum in Solis corpore et ipsa niduletur indeque comes huic virtuti motrici in totum mundum emicet.«

(303) »Ita plane et haec virtus movens perpetuo et sine temporis intervallo illic ex Sole adest, ubi est idoneum mobile, quia nihil accipit a mobili ad hoc ut adsit. Movet autem in



tempore, quia mobile materiatum est. Vel si videtur, comparationem in hunc modum institue: quod sicut se habet lux ad illustrationem, sic certum est sese habere virtutem ad motum.«

(304) »Ita virtus movens in mora non est, quin planetae tanta celeritas existat, quantam ipsa habet: at non ideo tanta est planetae celeritas, repugnante vel intermedio, nempe aurae aethereae meteria qualicunque, vel dispositione mobilis ipsius ad quietem (alii dicerent, pondere, me non simpliciter probante, ne quidem cum de Terra agitur); quarum rerum contemperatione cum motricis virtutis molitionibus efficitur periodicum planetae tempus.

Caput XXXIV.

Corpus Solis esse magneticum, et in suo spatio converti.

De illa itaque virtute diximus, quae corpora planetarum proxime attingit et trahit, quomodo comparata, quomodo luci cognata sit, et quid sit in suo esse metaphysico.

(304) »Cum autem species haec immateriata sit, sine temporis mora ex corpore suo in hanc distantiam egressa, et luci per omnia reliqua similis, non tantum necesse est ex natura speciei, sed etiam per se probabile ob hanc cognationem cum luce; ut cum corporis seu fontis sui particulis et ipsa dividatur, et quam in plagam mundi vergit una aliqua particula corporis Solaris, in eandem plagam perpetuo vergat etiam particula speciei immateriatae, quae illi particulae corporis ab initio creationis respondebat.«

(305) »Cum itaque species fontis, seu virtus planetas movens, gyretur circa centrum mundi, rem ipsam quoque, cujus est species, Solem nempe gyrari, hoc jam dicto exemplo non absurde concludo.«

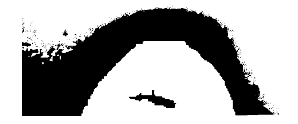
(305. 306) »Amplius cum videamus, nec singulos planetas in omni sua a Sole distantia, nec omnes in diversis suis distantiis aequali corripi celeritate; sed Saturnum annorum 30 moras nectere, Jovem annorum 12, Martem 23 mensium, Terram 12, Venerem sesquiocto, Mercurium 3; et tamen omnis orbis virtutis emanantis ex Sole (tam quo loco Mercurium amplectitur humillimum, quam quo loco Saturnum altissimum) ex antedictis aequali cum corpore Solari vertigine et eodem tempore torqueatur (quo loco nihil ab-

surdi statuitur, cum virtus emanans immateriata sit suaque natura infinitae celeritatis esse posset, si possibile esset, motum ipsi alicunde inferri; tunc enim nec pondere, quo caret, nec corporei medii occursu impediri posset): ex eo itaque patet, planetas inhabiles esse, ut assequantur celeritatem motricis virtutis. Saturnus enim inhabilior est quam Jupiter, quia tardius restituitur, cum orbis virtutis apud Saturni iter aeque celeriter restituatur ac orbis virtutis apud iter Jovis, et sic consequenter usque ad Mercurium, qui procul dubio ad exemplum superiorum etiam ipse tardior erit virtute, quae ipsum vehit. Necesse est igitur, ut planetariorum globorum natura sit materiata, ex adhaerente proprietate inde a rerum principio prona ad quietem seu ad privationem motus. Quarum rerum contentione cum nascatur pugna, superat igitur plus ille planeta, qui in virtute imbecilliore consistit eaque tardius movetur; minus ille, qui Soli propior.

Docet hinc anologia statuere, omnibus planetis, ipsi etiam Mercurio humillimo, inesse vim materialem sese explicandi nonnihil ex orbe virtutis Solaris. Unde evincitur, Solaris corporis gyrationem multo antevertere omnium planetarum periodica tempora; ideoque ad minimum citius quam trimestri spatio Solem semel in suo spatio gyrari.«

(306) »Sin autem mavis diurnum Soli tempus praescribere, ut diurna Telluris conversio vi quadam magnetica dispensetur a diurna globi Solaris conversione, haud equidem repugnaverim. Sane rapida ista gyratio ab eo corpore, in quo primus actus omnis motus inest, non aliena esse videtur.

Confirmatur autem haec opinio (de conversione corporis Solaris, quod illa sit causa motus planetis ceteris) hoc ipso exemplo Telluris et Lunae pulcherrime. Nam quia Lunae motus capitalis et menstruus, vi demonstrationum cap. XXXII. XXXIII. usurpatarum, omnino ex Tellure ceu fonte est (nam quod est hic Sol planetis ceteris, hoc est Terra Lunae in illa demonstratione). Considera igitur, quomodo Tellus nostra Lunae motum inferat: dum nempe Tellus haec nostra et cum ea species ejus immateriata vicies novies semis convolvitur circa suum axem, species haec emissa tantum potest in Lunam, ut illam interim semel in orbem agat, in plagam quidem eandem, in quam Tellus ipsa praeit.«



(306) »Quodsi quis ex me quaerat, quale igitur corpus esse Solis putem, a quo haec species motrix descendit? eum in hunc modum ego jubeo progredi ulterius analogia duce, et suadeo, ut inspiciat exemplum paulo ante memorati magnetis accuratius, cujus virtus residet in universo corpore magnetis, cum ejusdem mole crescit, cum comminutione illius diminuitur et ipsa.«

(307) »Perbellum equidem attigi exemplum magnetis et omnino rei conveniens, ac parum abest quin res ipsa dici possit. Nam quid ego de magnete, tanquam de exemplo? cum ipsa Tellus Gulielmo Gilberto Anglo demonstrante, magnus quidam sit magnes, eademque eodem auctore, Copernici assertore, convolvatur in dies singulos, uti ego Solem volvi conjicio: et ob id ipsum, quia fibras habet magueticas, lineam motionis suae rectis angulis intersecantes, ideo illae fibrae, variis circulis motioni parallelis polos Telluris circumsistant: ut jam jure optimo Lunam ab hac Terrae convolutione ejusdemque virtutis magneticae translatione rapi statuerim, triginta tamen vicibus tardiorem.«

(307) »Itaque plausibile est, cum Terra Lunam cieat per speciem, sitque corpus magneticum, et Sol planetas cieat similiter per emissam speciem: Solem itaque similiter corpus esse magneticum.«

Die Theorie der Aufmerksamkeit in ihrer Beziehung zu physiologischen Processen.

Um die Unabhängigkeit meiner Theorie der oben p. 381 mitgetheilten optischen Täuschung von *Augenbewegungen* auch theoretisch zu begründen, bemerkte ich p. 416 ff. folgendes:

»Die Augenbewegungen *begleiten* beim Sehen unter normalen Verhältnissen *reflectorisch* den Process der successive auf diese Puncte gerichteten Aufmerksamkeit, ähnlich wie ich meinen Arm nach einem Gegenstande ausstrecke, auf den ich zuvor meine Aufmerksamkeit gerichtet habe.«

»Man kann sich von der Trennung dieser beiden Vorgänge auch sehr leicht an einem Nachbilde überzeugen, welches trotz seiner constanten Lage auf der Netzhaut und des dadurch eliminirten Einflusses der Augenbewegungen, in allen seinen Einzelheiten willkürlich vermöge der successiv auf sie gerichteten Aufmerksamkeit durchwandert werden kann.«

Es freut mich, diese Anschauung von der Trennung dieser beiden Processe durch eine mir soeben zu Gesicht kommende Abhandlung von Hrn. N. Baxt »*Ueber die Zeit, welche nöthig ist, damit ein Gesichtseindruck zum Bewusstsein kommt*« bestätigt zu sehen.

Diese Abhandlung wurde am 8. Juni 1871 der Berliner Academie der Wissenschaften von Hrn. Helmholtz mit erläuternden Bemerkungen vorgetragen, welche ausserdem für meine ganze Theorie dadurch ein ausserordentlich hohes Interesse gewinnen, als sie einerseits zeigen, wie die Zahl der psychischen Elementaroperationen mit der Complication der wahrzunehmenden räumlichen Verhältnisse wachsen muss, um uns dieselben zum Bewusstsein zu bringen,

andrerseits dadurch, dass sie uns von der ungemein grossen Schnelligkeit einer *einzelnen psychischen Elementaroperation* eine Vorstellung geben.

Die Arbeit wurde im Laboratorium zu Heidelberg ausgeführt und befindet sich abgedruckt in den Monatsberichten der Berliner Academie Juni 1871, p. 333—334.

Hr. HELMHOLTZ bemerkt:

(333) »Da es nun vielfaches Interesse hat zu ermitteln, welche Zeit für das Bewusstwerden eines mehr oder minder zusammengesetzten Gesichtsbildes nöthig ist, so veranlasste ich Hrn. N. BAXT seine zeitmessenden Versuche, über die ich schon früher der Academie berichtet habe, auch nach dieser Richtung hin auszudehnen.

Das positive Nachbild kann man zwar direct nicht auslöschen, aber man kann es durch einen neu eintretenden mächtigen Lichteindruck so übertäuben, dass es seinen Werth für die Wahrnehmung verliert. Die Versuche wurden ausgeführt mit einem von mir construirten und schon früher von Hrn. S. EXNER[1]) beschriebenen *Tachistkope*.«

(334) »Als Beispiel citire ich einige Resultate einer so ausgeführten Versuchsreihe. Der primäre Eindruck dauerte 0.0129 Sec., der zweite, der nach einer Pause von veränderlicher Länge eintrat, um den ersten auszulöschen, 0.055 Sec. Das Object bestand aus einer Druckschrift, von der etwa drei Buchstaben zugleich sichtbar wurden. Wurde in diesem Falle der erste Eindruck $\frac{1}{80}$ Sec., nachdem er begonnen hatte, wieder ausgelöscht, so war durchaus nichts von ihm zu erkennen. Bis zu $\frac{1}{40}$ Sec. Dauer waren zwar undeutliche Spuren gesehener Objecte wahrnehmbar, ohne dass aber einer der Buchstaben zu errathen war. Wurde die Dauer grösser als $\frac{1}{30}$ Sec., so konnte der Beobachter von den Buchstaben desto mehrere und diese desto deutlicher erkennen, je länger er das Nachbild ungestört bestehen liess. Endlich bei einer Dauer von $\frac{1}{13}$ Sec. war kein Unterschied mehr zu bemerken, ob nun das auslöschende Licht eintrat oder ganz weggelassen wurde.

---

1) Sitzungsberichte der Wiener Academie. Bd. LVIII, Abth. 2, 1868.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

[*Beilage zur zweiten unveränderten Auflage.*]

Zur Abwehr.

»Gott beschütze mich vor meinen Freunden, mit meinen Feinden will ich schon selbst fertig werden.«

Mit aufrichtigem Bedauern sehe ich mich zur Erläuterung über die subjective und objective Berechtigung meiner Polemik und zur Widerlegung von schriftlich an mich gelangten Verdächtigungen in die traurige Nothwendigkeit versetzt, zwei Briefe an den beständigen Secretair der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Herrn E. du Bois-Reymond, der Oeffentlichkeit zu übergeben, denen ich ursprünglich einen rein vertraulichen Charakter zu bewahren die Absicht hatte.

Der erste Brief, welcher ein Exemplar meines Buches »*Ueber die Natur der Cometen etc.*« begleitete, war folgender:

Leipzig, d. 21. Febr. 1872.

Hochverehrter Herr College!

Indem ich mir erlaube, Ihnen beifolgend ein Exemplar meines soeben erschienenen Buches zu übersenden, kann ich es bei der mir bisher von Ihnen bewiesenen freundschaftlichen Gesinnung und dem Werthe, welchen ich auf die Erhaltung derselben lege, nicht unterlassen, einige Worte zur Verständigung über gewisse Theile des Inhaltes hinzuzufügen.

Zunächst kommt es mir darauf an, Ihnen weitere Beweise für die bereits in der Vorrede gegebene Versicherung zu liefern, dass nicht persönliche Motive die Triebfedern zu meiner Polemik gewesen sind. Vielleicht hat mich selten ein Entschluss eine solche Ueberwindung gekostet als derjenige, einem von mir so hoch verehrten Manne wie Helmholtz in gewissen Puncten seines wissenschaftlichen Benehmens öffentlich und entschieden entgegenzutreten. Solange dasselbe nur mich betraf, oder einen Mann, der wie Schopenhauer eine stets wachsende Zahl von schlag- und redefertigen Anhängern zu Vertheidigern hat, habe ich geschwiegen, trotzdem ich mich bereits vor mehr als neun Jahren im Besitze der auf p. 405 und 409 von Neuem festgestellten Thatsachen zur Widerlegung der von Helmholtz gegebenen Theorie meiner optischen Täuschung befunden hatte.

Um jene Zeit studirte in Heidelberg und kam vielfach mit Helmholtz in Berührung. Die ausführliche Berücksichtigung der Literatur in dessen »physiologischer Optik« und die damals erschienene Lieferung, welche die Theorie der unbewussten Schlüsse enthielt, veranlasste mich an die betreffenden Schriften von Schopenhauer zu senden, mit der Bitte, Helmholtz darauf aufmerksam zu machen, indem es Letzterem für die Vollständigkeit der literarischen Angaben von Wichtigkeit sein würde, die Schopenhauer'sche Theorie der Sinneswahrnehmungen und dessen Beweis für die Apriorität des Causalgesetzes kennen zu lernen. Ich

erinnere mich gegenwärtig nicht mehr der Worte, mit welchen sich ... meines Auftrags entledigte und welche Bemerkungen Helmholtz hierauf machte — genug, dass Ersterer mir die Bücher wieder aus Heidelberg zurückbrachte und in der 1867 vollständig erschienenen physiologischen Optik der Name Schopenhauer's neben denen Göthe's, Graevell's (Physiol. Opt. p. 271), welche doch bezüglich des physikalischen Unsinn's vollkommen auf gleicher Stufe mit Schopenhauer stehen, nirgends zu finden ist.

Ich selbst war beim Erscheinen der Schlusslieferung, in welcher die von mir gefundene optische Täuschung von Helmholtz behandelt wurde, um so mehr über ein so gänzliches Missverstehen meiner Theorie überrascht, als mich die in der vorangegangenen Lieferung entwickelte Theorie der unbewussten Schlüsse zu der freudigen Hoffnung berechtigt hatte, meine psychologische Theorie vollständig von einer so bedeutenden Autorität wie Helmholtz bestätigt zu sehen. Statt dessen finde ich nur die in p. 405 in beifolgender Schrift citirten drei Zeilen.

Obschon ich keineswegs zu den blinden Verehrern Schopenhauer's gehöre, so sind mir doch neben seinen grossen Schwächen auch seine grossen Verdienste bekannt und zu einem dieser Verdienste glaube ich seine Theorie der sinnlichen Wahrnehmungen und seinen Beweis für die Apriorität des Causalgesetzes rechnen zu müssen. In wie weit die Deductionen von Schopenhauer mit denen von Helmholtz übereinstimmen, werden Sie mit Leichtigkeit aus der p. 345—350 gegebenen Zusammenstellung beider Beweise ersehen. Wenn solche Prioritätsansprüche und solche Missverständnisse von Arbeiten unter Deutschen möglich sind, — gleichgültig durch welche Umstände veranlasst, — woher sollen wir den Muth und die Berechtigung nehmen, von einem Laplace die Priorität der Kosmogonie für Kant zu reclamiren und den Franzosen Vorwürfe zu machen, dass sie unsere Arbeiten nur oberflächlich lesen und deshalb missverstehen!

Indessen alle diese Erwägungen hätten bei meiner hohen Verehrung für die wissenschaftlichen Verdienste von Helmholtz und bei meinem Widerwillen gegen jedwede Polemik nicht hingereicht, mein Schweigen zu brechen. Ich rechnete darauf, dass früher oder später die Klarstellung jener Verhältnisse doch eintreten müsse und ich auf diese Weise einer mir selber schuldigen Vertheidigung überhoben sein würde. Ich gab Helmholtz nach wie vor durch Zusendung aller meiner Publicationen, der geringsten wie der umfangreichsten, Beweise meiner Hochachtung, ohne hiefür irgend eine Erwiderung beansprucht oder jemals erhalten zu haben.

Auch gegenwärtig hätte mich Nichts vermocht mein Verhalten gegen Helmholtz zu ändern, wenn mich nicht sein Benehmen gegen Wilhelm Weber auf's Tiefste entrüstet hätte. Dasselbe ist zur Genüge in der Vorrede entwickelt und ich erlaube mir nur noch Ihnen gegenüber hinzuzufügen, dass die auf p. LXIII ausgesprochene Behauptung, Helmholtz habe von der Arbeit Weber's bei Abfassung seiner Vorrede zu dem Werke von Thomson Kenntniss gehabt, auf einer besonderen Information von meiner Seite beruht. Weber war in den Osterferien in Berlin, er hat den dortigen Herren seine Abhandlung persönlich übergeben und mit Helmholtz sogar flüchtig darüber gesprochen. Es bedarf wohl nicht meiner besonderen Bemerkung, dass Wilhelm Weber von meiner Absicht, für ihn eine Lanze zu brechen, nicht das Geringste erfahren hat. Ebenso habe ich die oben mitgetheilte Absendung Schopenhauer'scher Schriften nach Heidelberg nur Ihnen vertraulich gegenüber erwähnt, um jedweden Verdacht kleinlicher Motive meiner Polemik zu beseitigen. Bezüglich der wissenschaftlichen

Einwendungen, welche von HELMHOLTZ gegen das WEBER'sche Gesetz erhoben worden sind, erlaube ich mir, Sie auf den Inhalt der beigelegten Abhandlung von C. NEUMANN zu verweisen.

Gerade von Ihnen, hochverehrter Freund, erwarte ich bei der Wärme Ihrer Empfindung für historische Gerechtigkeit und für eine entschiedene Vertheidigung nationaler Güter auch auf dem Gebiete der Wissenschaft eine vorurtheilsfreie Würdigung meiner Schrift.

Dass ich durch die Zusammenstellungen oft fast gleichlautender Stellen von SHOPENHAUER und HELMHOLTZ nicht entfernt auf eine bewusste Beziehung beider Männer anspielen will, bedarf wohl keiner besonderen Bemerkung. Die zum Theil noch weit überraschenderen Uebereinstimmungen zwischen KANT und DOVE, HANSEN, MAYER u. s. w. und die ausdrückliche Verwahrung auf Seite 427 so wie die Schlussbetrachtung jenes Abschnittes auf Seite 482 werden jeden Verdacht dieser Art vollständig ausschliessen.

Mit bekannter Hochschätzung

Ihr

ergebenster

F. ZÖLLNER.

Als Antwort auf vorstehenden Brief empfing ich schon nach Verlauf weniger Tage ein sechs Seiten langes Schreiben, welches ich im Allgemeinen als ein freundlich zustimmendes Zeichen zu der Tendenz meiner Schrift auffasste. Allein bereits vier Wochen später, während einer längeren Ferienreise, wurde ich durch einen zweiten Brief belehrt, dass diese Auffassung eine irrthümliche sei.

Bei meiner Rückkehr nach Leipzig theilte mir Herr Hofrath WIEDEMANN mit, dass er während seiner Anwesenheit in Berlin persönlich Herrn E. DU BOIS-REYMOND zu diesem zweiten Briefe in der wohlmeinenden Absicht veranlasst habe, mich auf diese Weise am sichersten von meiner falschen Auffassung jenes ersten Schreibens zu befreien.

So lebhaft nun auch mein Wunsch ist, dem Leser durch eine vollständige Veröffentlichung der beiden Briefe des Hrn. E. DU BOIS-REYMOND ein selbständiges Urtheil über die obwaltende Differenz der Anschauungen zu gestatten, so kann ich doch selbstverständlich nicht ohne vorher eingeholte Erlaubniss des Absenders diesen Wunsch selber befriedigen, wenn ich mich nicht der Gefahr, einer Indiscretion beschuldigt zu werden, aussetzen will. Diese Erlaubniss aber privatim, vor der Veröffentlichung meiner nothgedrungenen Abwehr zu erbitten, schien mir unter den obwaltenden Verhältnissen nicht opportun. Ich erlaube mir daher Hrn. E. DU BOIS-REYMOND hierdurch öffentlich zu ersuchen, mir die vollständige Publication seiner beiden vom 26. Februar und 28. März datirten Briefe zu gestatten, indem ich mich alsdann verpflichte, dieselben unverzüglich durch einen neuen Abdruck dieser Blätter in den Zusammenhang der vorliegenden Mittheilungen aufzunehmen und so jeden Vorwurf und Verdacht irgend welcher Benachtheiligung des Hrn. E. DU BOIS-REYMOND gegenüber meiner hier folgenden Beantwortung seines zweiten Schreibens zu beseitigen.

R........ den 4. April 1872.

Hochverehrter Herr College!

In einem mir soeben zugekommenen Schreiben fühlen Sie sich veranlasst, meine Auffassung Ihres ersten freundlichen Briefes zu berichtigen,

welchen Sie die Güte hatten, als Erwiderung des meinigen bei Uebersendung meines Buches an mich zu richten. Sie motiviren die Nothwendigkeit Ihrer Berichtigung durch eine Ihnen wiederholt zugekommene Nachricht, dass ich Ihren Brief »in dem Sinn aufgefasst habe, und daraus Mittheilungen mache, als billigten« Sie mein »Vorgehen überhaupt und insbesondere als stimmten« Sie mit mir »darin überein, dass HELMHOLTZ den Schein unredlicher Handlungsweise auf sich geladen habe.« Unter der Voraussetzung, dass jene Ihnen wiederholt zu gekommene Nachricht eine begründete sei, drücken Sie mir alsdann Ihre »Ueberraschung über ein Missverständniss« aus, zu dem Sie keinen Anlass gegeben zu haben glaubten.

Erlauben Sie mir diesen Worten gegenüber zunächst die Bemerkung, dass ich Ihren ersten Brief allerdings im Allgemeinen als ein anerkennend zustimmendes Zeichen aufgefasst habe, welches einen um so tieferen Eindruck auf mich machte, als es das erste war und zugleich von einer Seite kam, welcher ich einerseits in wissenschaftlicher Beziehung eine hohe Competenz des Urtheils, andrerseits in persönlicher Hinsicht eine für die Beurtheilung meines Buches sehr ungünstige Position zuschreiben musste. Diese Auffassung Ihres Briefes ist von denjenigen meiner Freunde fast ohne Ausnahme getheilt worden, welchen ich denselben unter Andern deshalb zur Einsicht übergab, um sie von Besorgnissen über den Gesammteindruck des Buches zu befreien, welche sie aus Interesse für mich und die von mir verfochtene Sache hegten. Ob Sie mein »Vorgehen überhaupt« billigen, darüber waren in Ihrem Briefe direct keine Andeutungen, dass aber indirect eine solche Vermuthung nicht ganz ungerechtfertigt war, darüber glaube ich Ihnen selber ein Urtheil überlassen zu dürfen, wenn ich mir erlaube, Ihnen die folgenden ersten Sätze Ihres Schreibens hier wörtlich zu reproduciren:

> »Sie haben mir durch Uebersendung Ihres inhaltreichen Werkes eine freudige Ueberraschung bereitet. Ich staune über die mannigfaltige Fülle ihrer Kenntnisse, über die Tiefe ihrer wissenschaftlichen Strebungen, über Ihren sittlichen Eifer und Ernst.« . . . .
>
> »Ich glaube Sie haben TYNDALL viel zu viel Ehre angethan, indem Sie sich so eingehend mit seiner Person beschäftigt haben. Ueber die Geschmacklosigkeit des Berichtes über die HOFMANN-Feier ist seiner Zeit nur eine Stimme gewesen. In Berlin denkt aber Niemand länger als acht Tage an solchen Mummenschanz.«

TYNDALL und HOFMANN sind nun aber gerade diejenigen Personen, gegen welche sich mein »Vorgehen überhaupt« concentrirt und um welche sich die andern Persönlichkeiten nur in mehr oder weniger untergeordneter Weise gruppiren. Wenn daher die obigen Sätze Ihres ersten Briefes, doch wohl eher auf eine Zustimmung als auf eine Missbilligung meines »Vorgehens überhaupt« schliessen lassen, so dürfte der von mir und meinen Freunden empfangene Eindruck Ihres Schreibens kein solcher sein, welcher Ihnen gegenwärtig zu einer »Ueberraschung« Veranlassung gäbe.

Vollends unverständlich ist es mir aber, wie Sie sich gegen die Auffassung meinerseits gegenwärtig verwahren wollen, als stimmten Sie mit mir darin überein, »dass HELMHOLTZ den Schein unredlicher Handlungsweise auf sich geladen habe.« Abgesehen davon, dass in meinem ganzen Buche nirgends eine derartige Behauptung ausgesprochen ist, sondern sogar an verschiedenen Stellen[1]) ausdrücklich einer solchen Auffassung auf

---

1) Die ich Ihnen in meinem Briefe besonders bezeichnet habe.

Grund der Uebereinstimmung unabhängig gefundener Wahrheiten direct entgegen getreten wird, so enthält ja mein ausführlicher Brief, welcher das an Sie abgesandte Buch begleitete, im Wesentlichen nichts Anderes als weitere Beweise (unter Anderem meine Absendung auf die Sache bezüglicher Schriften von SCHOPENHAUER nach Heidelberg im Jahre 1863) dafür, dass die Motive meiner Polemik nicht der Person sondern der Sache gelten. In wie weit jedoch die mitgetheilten Thatsachen, aus denen sich eben die bekämpften Missbräuche constituiren, zu einem solchen »Schein unredlicher Handlungsweise« Veranlassung geben, das zu entscheiden, hängt ganz von der Individualität des Lesers ab. Um so überraschender musste es daher für mich sein, dass gerade Sie, der Sie persönlich HELMHOLTZ so nahe stehen, der Sie ausdrücklich in Ihrem ersten Briefe sagen: »Was HELMHOLTZ betrifft, so bin ich seit unserer Studienzeit mit ihm auf das engste befreundet, und es ist mir persönlich unmöglich ihm ein unreines Motiv unterzulegen« — dass gerade Sie zuerst die Existenz eines solchen Scheines durch die mitgetheilten Thatsachen für begründet hielten, indem Sie mir wörtlich Folgendes schrieben:

»In der WEBER'schen und Ihrer Sache mag Bequemlichkeit, Ermüdung irgend ein Grund der Art Ursach gewesen sein, dass er den Schein eines absichtlichen Ignorirens oder Geringschätzens der Meinungen Anderer auf sich lud.«

Dieser doch ganz deutlich ausgesprochene Satz Ihres ersten Briefes scheint mir in einem unlösbaren Widerspruche mit Ihrer gegenwärtigen Verwahrung zu stehen, wenn Sie mir schreiben:

> »Wiederholt kommt mir die Nachricht zu, dass Sie den Brief, den ich Ihnen in Erwiderung des Ihrigen bei Uebersendung Ihres Buches schrieb, in dem Sinn aufgefasst haben und daraus Mittheilungen machen, als billige ich Ihr Vorgehen überhaupt und insbesondere als stimme ich mit Ihnen darin überein, dass HELMHOLTZ den Schein unredlicher Handlungsweise auf sich geladen habe.«

Vollends unbegreiflich und von wahrhaft peinlichem Eindrucke war mir aber der folgende Satz, welcher sich unmittelbar jenen Worten anschliesst:

> »In dem Wunsch, Ihnen in der Erregtheit, die mir aus Ihrem Buche zu sprechen schien, möglichst mild entgegenzutreten, muss ich mich minder deutlich ausgesprochen haben, als sonst meine Art ist.«

Wenn ich diesem Satze vielleicht eine grössere Bedeutung beilege, als Sie dies zu thun beabsichtigten, so werden Sie dies aus folgendem Umstande leicht begreiflich finden. Von sehr verschiedenen und durchaus zuverlässigen Seiten ist mir nämlich wiederholt die Nachricht zu gekommen, dass manche Personen bemüht waren, dadurch den Eindruck meiner Polemik abzuschwächen, dass sie geflissentlich den Glauben an meine Zurechnungsfähigkeit bei Abfassung meiner Schrift zu erschüttern versuchten.

Abgesehen davon, dass ein derartiges Verfahren einen traurigen Blick in die Rüstkammer meiner Gegner gestattet, gereicht dasselbe, wenn es sich bestätigen sollte, weder ihrem Character noch ihrem Verstande zur Ehre. Denn höchstens könnte mir daraus ein Vortheil erwachsen, indem ich der Verantwortlichkeit für die bei meiner Polemik mit untergelaufenen verletzenden Härten überhoben, der erdrückenden Wucht der Thatsachen allein ein desto freieres Spiel getrost überlassen könnte. Die »Erregtheit«, welche Ihnen aus meinem Buche zu sprechen scheint, ist, wie ich glaube, von derselben Gattung, wie diejenige, welche einem aus dem polemischen Theile der Vorrede zu Ihren »Untersuchungen über thierische Electricität« oder

Stande wären, wurde dauernd eine entschiedene Weigerung entgegengesetzt und letzterer in einer Beantwortung des obigen Briefes sogar schriftlich der folgende Ausdruck verliehen:

»Auf Deinen soeben erhaltenen Brief antworte ich nur, dass ich die Verantwortung dessen, was ich Dir gesagt, da ich die Freunde nicht zu nennen gesonnen bin, allein übernehme....«

Entscheidender jedoch für die Bestimmtheit und Tragweite der über meine Zurechnungsfähigkeit erfolgreich verbreiteten Gerüchte ist das folgende Schreiben, welches ich wenige Stunden nach Empfang der soeben erwähnten Antwort erhielt:

Leipzig, d. 21. April 1872.

Lieber ZÖLLNER!

»...... hat mir Mittheilung gemacht von dem, was zwischen Euch vorgefallen ist. Ich glaube es Dir schuldig zu sein, Dir zu bekennen, dass ich zu denjenigen gehöre, welche das von ...... an Dich gestellte Verlangen im Voraus gebilligt haben. Mein armer, lieber Freund! O ZÖLLNER, wenn die Vorsehung nicht auf eine mir noch unverständliche Weise Dich zurückführt, dann musst Du durch Hochmuth und Grössenwahn dem Schicksal verfallen, welches bisher so schwer auf Deiner Familie gelastet hat. Armer, armer Freund!

Möglich, dass Du mir nach meinem heutigen Bekenntniss schon jetzt die Freundschaft auch äusserlich kündigst — ich kann es nicht ändern. Dein

...

In Folge dieses unerwarteten und mir vollkommen unverständlichen Benehmens sah ich mich genöthigt, mit dreien meiner bisherigen Freunde für immer zu brechen.

Zur Beurtheilung der grossen Verbreitung jener merkwürdigen Gerüchte, welche diesen Manifestationen als Basis dienten, war es mir jedoch von grösstem Interesse, gleich beim Beginne meiner Vorlesungen im Sprechzimmer einen Collegen zu begrüssen, welcher mir von seinem während der Osterferien unternommenen Ausfluge nach Berlin und einer dortigen Begegnung mit Herrn Geheimrath HELMHOLTZ erzählte. Letzterer habe in einer grösseren Gesellschaft ganz unumwunden geäussert, man habe mich in Berlin gleich nach dem Erscheinen meines Buches für »krank« gehalten; aber man wisse jetzt, dass Professor KOLBE dahinter stecke und ich nur vorgeschoben sei; er (HELMHOLTZ) habe sich indessen mit Herrn Hofrath WIEDEMANN in Leipzig in Correspondenz gesetzt. Im Uebrigen seien in meiner Cometentheorie viel gröbere physikalische Verstösse als in derjenigen von TYNDALL.

Ich fragte meinen Collegen, ob ich diese Mittheilung als eine vertrauliche zu betrachten hätte oder nöthigen Falls weiteren Gebrauch davon machen könnte. Mir wurde die Antwort zu Theil, dass durchaus kein Grund zu einer besonderen Discretion vorliege, da diese Bemerkungen von Herrn Geheimrath HELMHOLTZ in Gegenwart noch mehrerer anderer Herren in einer grösseren Gesellschaft laut und vernehmlich ausgesprochen worden seien.

Was die von Herrn Geheimrath HELMHOLTZ geäusserte Conjectur bezüglich meines Collegen KOLBE betrifft, so halte ich jedes Wort zur Widerlegung einer so merkwürdigen Anschauung für überflüssig, da ein Jeder, der auch nur entfernt mit den Leipziger Verhältnissen bekannt ist, von der vollkommenen Unhaltbarkeit derselben überzeugt sein muss. Ich benutze jedoch diese Gelegenheit, um der mehrfach verbreiteten Ansicht entgegenzu-

treten, dass die Universität Leipzig in irgend einer Beziehung zu meinem Vorgehen gegen Berliner Gelehrte stände. Unsere Universität hat nicht Ursache eifersüchtig auf ihre Schwester in Berlin zu sein, aber es ist möglich, dass die hiesigen Verhältnisse den Blick für allgemein zu bekämpfende Schäden, — gleichgültig ob in Berlin oder sonstwo in Deutschland, — ungetrübter und empfänglicher erhalten.

Ad. 2.

Unter der Ueberschrift: »Zur Geschichte der mechanischen Wärmetheorie« sieht sich Professor CLAUSIUS a. a. O. auch auf dem von ihm cultivirten Gebiete zu Reclamationen den englischen Physikern WILLIAM THOMSON, J. CLERK MAXWELL und TAIT gegenüber genöthigt.

CLAUSIUS beginnt seinen Aufsatz mit folgenden Worten:

> »Es zeigt sich gegenwärtig in England bei mehreren physikalischen Schriftstellern ein stark hervortretendes Streben, die mechanische Wärmetheorie so viel, wie möglich, für ihre Nation in Anspruch zu nehmen.
>
> So erschien vor einigen Jahren ein Buch von TAIT »*Sketch of Thermodynamics*«, dessen bei Weitem grösster Theil in den Capitel-Ueberschriften als »*Historical Sketch*« bezeichnet wird, und welches ganz unzweifelhaft vorwiegend dem oben genannten Zwecke seine Entstehung verdankt.«
>
> »In neuester Zeit ist aber noch ein anderes Werk erschienen »*Theory of Heat*« *by* J. CLERK MAXWELL, welches gegen die Deutschen viel rücksichtsloser verfährt, als das oben erwähnte. Obwohl es die mechanische Wärmetheorie mit besonderer Vorliebe behandelt und über ihre Entstehung viele Citate und historische Notizen beibringt, kommt der Name MAYER in dem ganzen Buche nicht vor, und mein Name wird bei allen Auseinandersetzungen (mit Ausnahme der Molecular-Constitution der Körper) nur einmal erwähnt, indem gesagt wird, ich habe das Wort *Entropie* eingeführt, wobei aber hinzugefügt wird, die Theorie der Entropie sei schon vor mir von THOMSON gegeben.«

An einer andern Stelle (p. 141 ff.) bemerkt CLAUSIUS:

»W. THOMSON hat in seiner Abhandlung bei Besprechung meines Beweises gesagt[1]:

> »»*The following is the axiom on which Clausius' demonstration is founded: It is impossible for a selfacting machine unaided by any external agency, to convey heat from one body to another at a higher temperature.*««

»Dieser hier gesperrt gedruckte Satz ist in MAXWELL's Buch (S. 153 genau mit denselben Worten angeführt, in welche THOMSON ihn gekleidet hat, aber statt der einleitenden Worte:

> »»*The following is the axiom on which Clausius' demonstration is founded*««,

steht hier:

> »»*Carnot expresses this law as follows*««.
>
> »Es ist also, während im Uebrigen THOMSON's Worte angewandt sind, mein Name durch denjenigen von Carnot ersetzt, ohne dass ein Wort der Erklärung für diese Aenderung hinzugefügt wäre. Dieses ist mir so räthselhaft, dass sich mir die Vermuthung aufgedrängt hat,

---

1) Edinb. Trans. Vol. XX, p. 266; Phil. Mag. Vol. IV, p. 14, und KRÖNIG's Journal Bd. III, S. 243.

es müsse hier ein Druckfehler obwalten. Indessen muss ich es natürlich Hrn. MAXWELL überlassen, die Sache aufzuklären.« . . . .

»In Bezug auf meine Berechnungsweise der Dichtigkeit des gesättigten Dampfes, aus welcher sich bedeutende Abweichungen vom MARIOTTE'schen und GAY-LUSSAC'schen Gesetze ergeben haben, und welche von RANKINE und THOMSON erst viel später angenommen ist, sagt MAXWELL auf S. 173: »»Mittlerweile hat RANKINE von der Formel (derselben, welche ich angewandt habe) Gebrauch gemacht, um die Dichtigkeit des gesättigten Dampfes zu berechnen.«« »Ich denke deutlicher, als in diesen Stellen, kann die Absichtlichkeit, mit welcher Hr. MAXWELL meinen Namen verschweigt, wohl kaum hervortreten.«

Einen eigenthümlichen Eindruck machen diesen Reclamationen gegenüber einige Sätze, welche Professor TAIT in den *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Session* 1870—71 p. 459 bei Gelegenheit einer am 15. Mai 1871 gehaltenen Rede über die Geschichte der Spectralanalyse veröffentlicht hat. Es heisst dort wörtlich:

»*The question of priority just alluded to illustrates in a very curious way a singular and lamentable, though in one sense honourable, characteristic of many of the highest class of British scientific men; i. e., their proneness to consider that what appears evident to them cannot but be known to others. I do not think that this can be called modesty......*

Their foreign competitors, on the other hand (especially the Germans), are often profoundly aware off all that has been done, or, at least, have some one at hand who is, and can thus, when a new idea occurs to them, at once recognise, or have determined for them, its novelty, and so instantly put it in type and secure it.«

Herr Professor TAIT ist von der Wahrheit dieser Anschauungen so fest überzeugt, dass er sie kaum drei Monate später am 3. August 1871 in seinen »*Address to the mathematical and physical section of the British Association*« in folgender Weise reproducirt:

»*While abroad we find half a dozen professors teaching parts of the same subject in one University (each having therefore reasonable leisure), with us one man has to do the whole, and to endeavour as he best can to make something out of his very few spare moments. Along with this, and in great part due to it, there is often found a proneness to believe that what seems evident to the thinker cannot but have been long known to others. Thus the credit of many valuable discoveries is lost to Britain because her philosophers, having no time to spare, do not know that they are discoveries. The scientific men of other nations are, as a rule, better informed (certainly far better encouraged and less over-worked) and perhaps likewise are not so much given to self-depreciation.*«

Ad. 3.

Bezüglich der Art und Weise, wie die Beschreibung der HOFMANN-Feier in die wissenschaftlichen Berichte der deutschen, chemischen Gesellschaft gelangt sei, machte ich p. 235 in meinem Buche scherzweise eine Conjectur, indem ich sagte:

»Wir kamen daher zu der Vermuthung, dass hier irgend ein Versehen oder Missverständniss obgewaltet haben müsse, sei es von Seiten

der Verlagshandlung oder des Buchbinders, durch welches ein um die Wissenschaft nicht unverdienter Mann als das Opfer einer bedauerlichen Indiscretion erscheinen musste.«

Diese Auffassung ist zu meinem Bedauern in den Kreisen der Berliner Akademie ernsthaft als Entschuldigung für Hrn. HOFMANN angesehen und als Basis eines Verdammungsurtheils gegen mich benutzt worden.

Ein mir nahe befreundetes Mitglied der Berliner Akademie schreibt mir nämlich bezüglich dieses Punctes unter Anderem wörtlich Folgendes:

»Wenn Deine Voraussetzungen richtig wären, so war Dein Auftreten eine That, für welche die Wissenschaft Dir dankbar sein müsse, — freilich würdest Du Deine Person damit zum Opfer bringen, aber man müsse angesichts des zu erreichenden Zweckes ein solches Opfer willig bringen und auch von befreundeter Seite willig bringen sehen.« . . .

»Hier haben sehr erklärlich zunächst die gegen HELMHOLTZ und HOFMANN geworfenen Steine die stärksten Wellen erregt — und man wendet ein, dass die Voraussetzungen, die Dich veranlasst haben, gegen sie die Hand zu heben gar nicht zutreffen. Wenn es schon geschmacklos ist, ein Festessen zu beschreiben und die dabei gesprochenen Tischreden zu drucken, wobei HOFMANN selbst indess aus der Gewöhnung an englischen Gebrauch Entschuldigung hernehmen mag, so hast Du doch ein Symptom von solcher Bedenklichkeit, dass das angezeigte Uebel durch drastische Mittel bekämpft werden müsste, erst darin gefunden, dass dieser Bericht in einer wissenschaftlichen Zeitschrift zur Veröffentlichung gebracht sei — und in dieser Voraussetzung das betreffende Capitel an den Cometenschwanz gehängt. Aber dem ist nicht so — der Bericht ist für private Vertheilung an die Theilnehmer am Festmahl zur Erinnerung daran verfasst und steht mit der Zeitschrift der chemischen Gesellschaft in keinerlei Connex, der Himmel weiss durch welches Versehen eines Unberufenen derselbe in ein oder einzelne Exemplare eines Heftes der Zeitschrift mit eingeheftet und nach aussen versandt worden ist. Eine Schuld HOFMANN's hieran wird entschieden in Abrede gestellt, und wenn gleichzeitig Deine Vorstellung von seiner Sinnes- und Lebensart von einem Manne wie . . . . der HOFMANN näher kennt, überhaupt als ganz irrig bezeichnet wird, so gewinnt es den Anschein, als läge in dem betreffenden Capitel ein Justizmord vor, den Du an dem Angeklagten verübt hättest, urtheilend auf Grund eines unvollständigen Zeugenverhörs.« . . . .

Diesem harten Vorwurfe gegenüber erlaube ich mir einfach zu constatiren, dass ich selber jenen Bericht über die Hofmann-Feier in zahlreichen Exemplaren der wissenschaftlichen Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft sowohl im Besitze von Privatpersonen, die nicht am Feste theilgenommen hatten, als auch im Besitze von öffentlichen Bibliotheken und Instituten gefunden habe. Zum Ueberfluss habe ich mich aber ausserdem noch schriftlich an Collegen in den verschiedensten deutschen Universitätsstädten mit der Bitte gewandt, in den ihnen zugänglichen Exemplaren der wissenschaftlichen Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft nach jener Beschreibung der HOFMANN-Feier zu suchen. Ich erhielt von allen Seiten bestätigende Nachrichten mit Angabe nur eines einzigen, aber antiquarisch erworbenen Exemplars, in welchem der Bericht fehlte.

Gleichzeitig wurde mir aber schon kurze Zeit nach dem Erscheinen meines Buches ohne meine Veranlassung von drei ganz verschiedenen und höchst zuverlässigen Seiten die schriftliche Mittheilung gemacht,

»dass die Beschreibung besagter Feier, Wort für Wort aus Hofmann's eigener Feder geflossen und der Druck und die Ausstattung auf Kosten desselben Herrn geschehen ist.«

Solchen Thatsachen gegenüber darf ich mir gegenwärtig wohl das Geständniss erlauben, dass die ursprüngliche Form meiner Beschreibung der Hoffmann-Feier eine weit stärker satirisch-humoristische Färbung als in ihrer gegenwärtigen Gestalt besass. Die Gründe, welche mich indessen schon im September vorigen Jahres zu einer vollständigen Umarbeitung und Kürzung veranlassten, waren aus Rücksichten persönlicher Schonung entsprungen. Nichts desto weniger werden ebenfalls in akademischen Kreisen Berlins bezüglich dieser Verhältnisse Gerüchte colportirt, welche weniger auf eine Beschönigung der Characteranlage Hofmann's als vielmehr auf eine Erniedrigung der meinigen abzielen. Um nun den Verbreitern solcher falschen Gerüchte Gelegenheit zu geben, eine Vergleichung des gegenwärtigen Tenors meiner Beschreibung der Hoffmann-Feier mit ihrem ursprünglichen anzustellen, habe ich eine Anzahl Exemplare der letzteren als Manuscript »für private Vertheilung« drucken lassen.

Am Schlusse dieser mir höchst bedauerlichen aber durch das gegen mich eingeschlagene Verfahren abgenöthigten Erklärungen erlaube ich mir meinen Gegnern bei ferneren Insinuationen und weiterer Verbreitung falscher Gerüchte in ihrem eigenen Interesse die folgenden Worte Immanuel Kant's zur Berücksichtigung zu empfehlen, in denen er sich (Bd. VII. 2. p. 274) über die moralische Beschaffenheit unseres Geschlechtes und der nothwendig hieraus resultirenden Vorsicht folgendermassen ausspricht:

> »Fragt man nun: ob die Menschengattung — welche, wenn man sie als eine Species vernünftiger Erdwesen, in Vergleichung mit denen auf anderen Planeten, als von einem Demiurgus entsprungene Menge Geschöpfe denkt, auch Race genannt werden kann — ob, sage ich, sie als eine gute oder schlimme Race anzusehen sei, so muss ich gestehen, dass nicht viel damit zu prahlen sei.
> Doch wird Niemand, der das Benehmen der Menschen nicht blos in der alten Geschichte, sondern in der Geschichte des Tages ins Auge nimmt, zwar oft versucht werden, misanthropisch den Timon, weit öfter aber und treffender den Momus in seinem Urtheile zu machen, und Thorheit eher als Bosheit in dem Characterzuge unserer Gattung hervorstechend finden. Weil aber Thorheit, mit einem Lineamente von Bosheit verbunden, — [da sie alsdann Narrheit heisst] — in der moralischen Physionomik an unserer Gattung nicht zu verkennen ist, so ist allein schon aus der Verheimlichung eines guten Theils seiner Gedanken, die ein jeder kluge Mensch nöthig findet, klar genug zu ersehen, dass in unserer Race Jeder es gerathen finde, auf seiner Hut zu sein und sich nicht ganz erblicken zu lassen, wie er ist; welches schon den Hang unserer Gattung, übel gegen einander gesinnt zu sein, verräth.«

Leipzig, im Mai 1872.

F. Zöllner.

Taf. I.

Fig. 1.

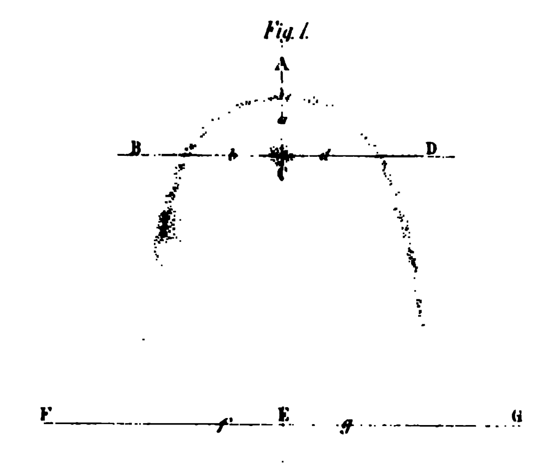
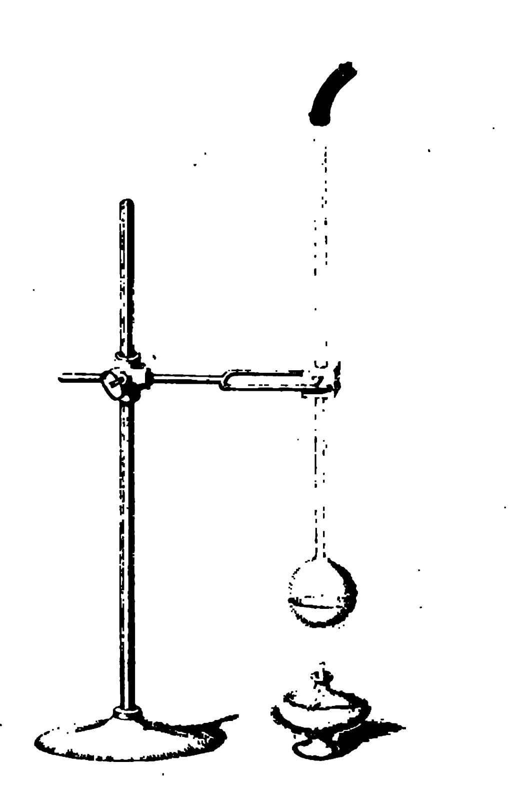


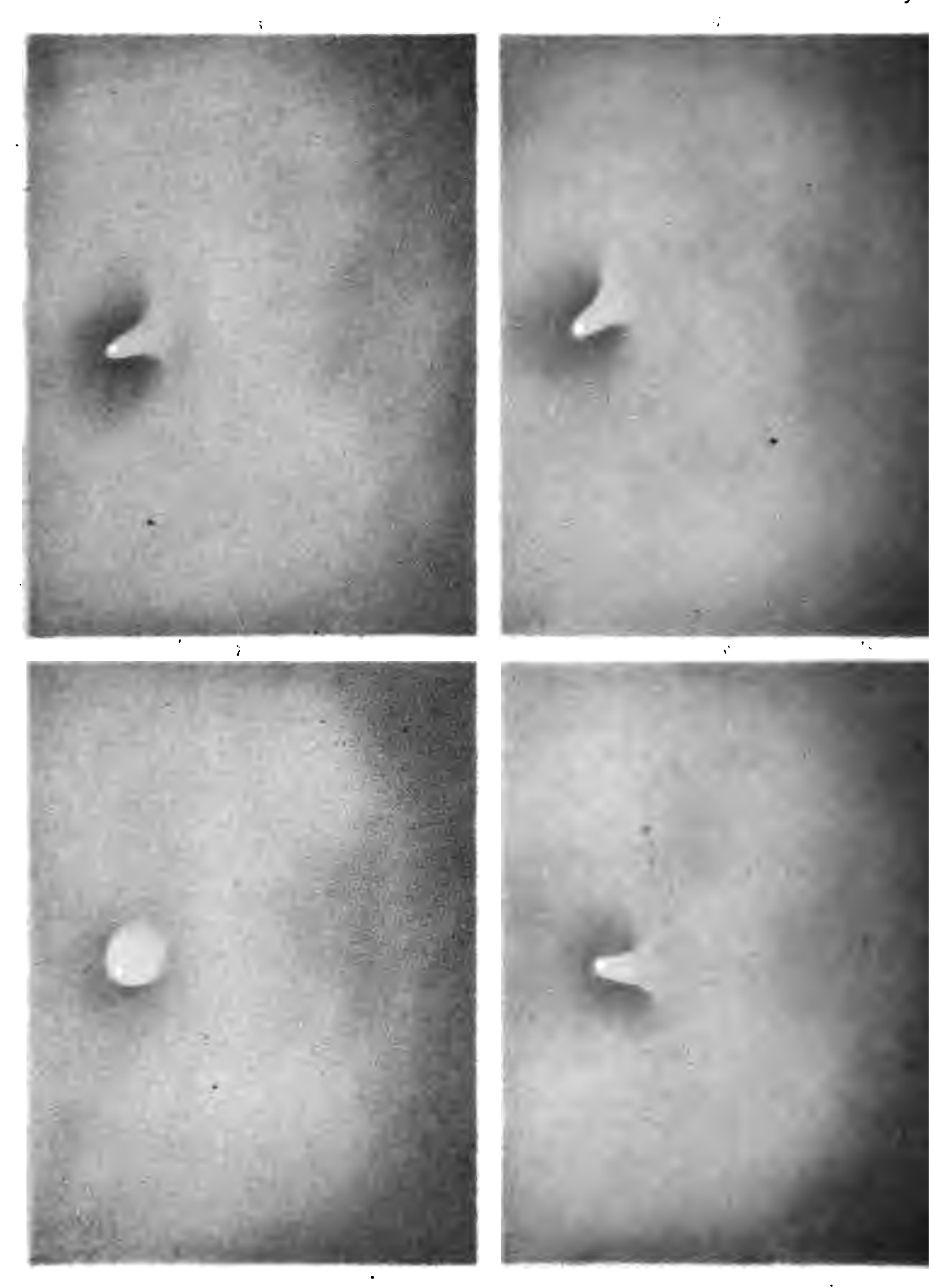
Fig. 2.



Lith. Anst. v. ... Bach, Leipzig.





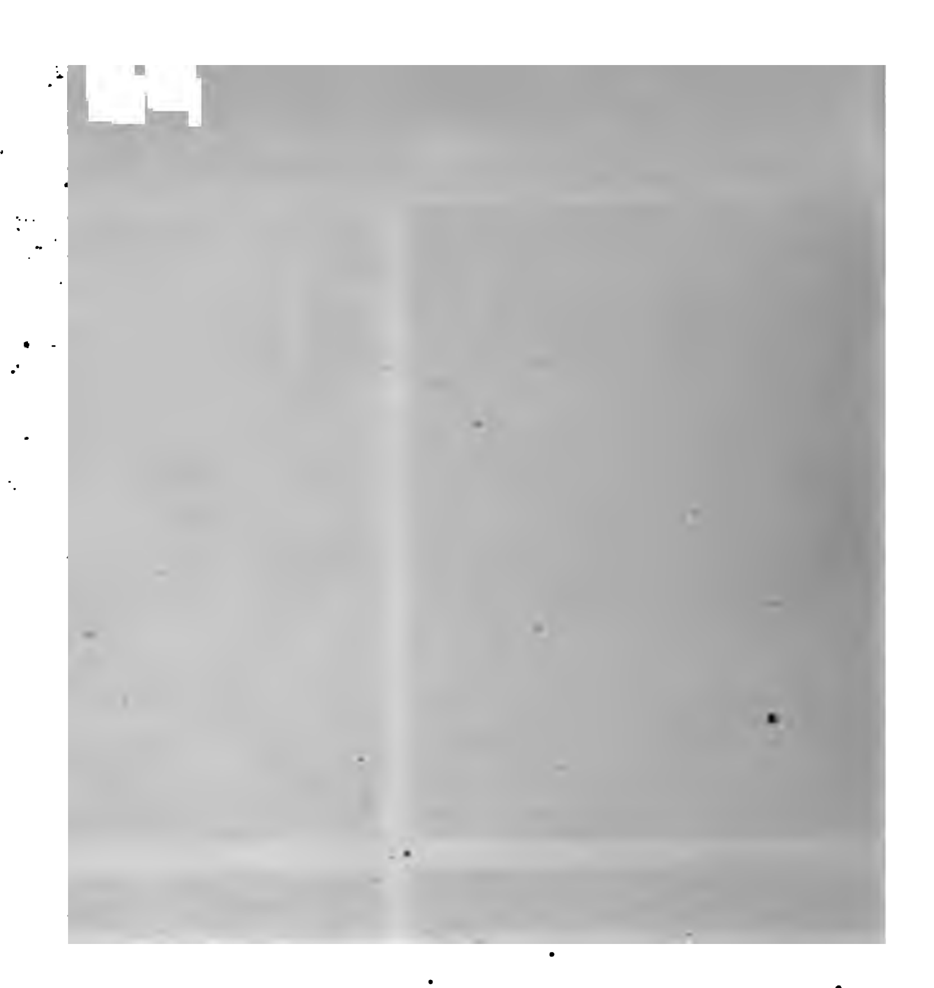


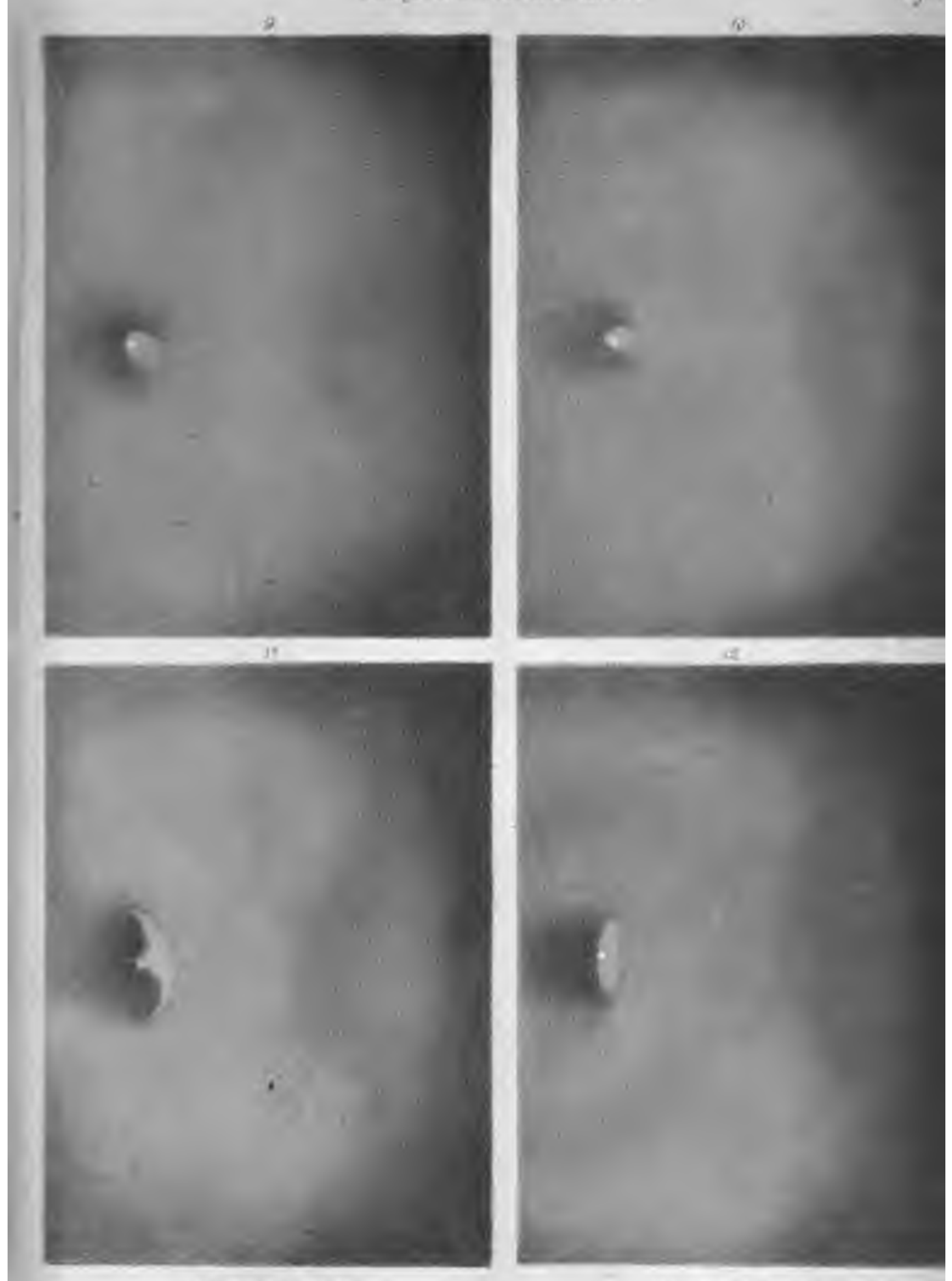
5 October 12 12h 40

6 October 12 14 25

7 October 13 7 [illegible]

8 October 14 [illegible]



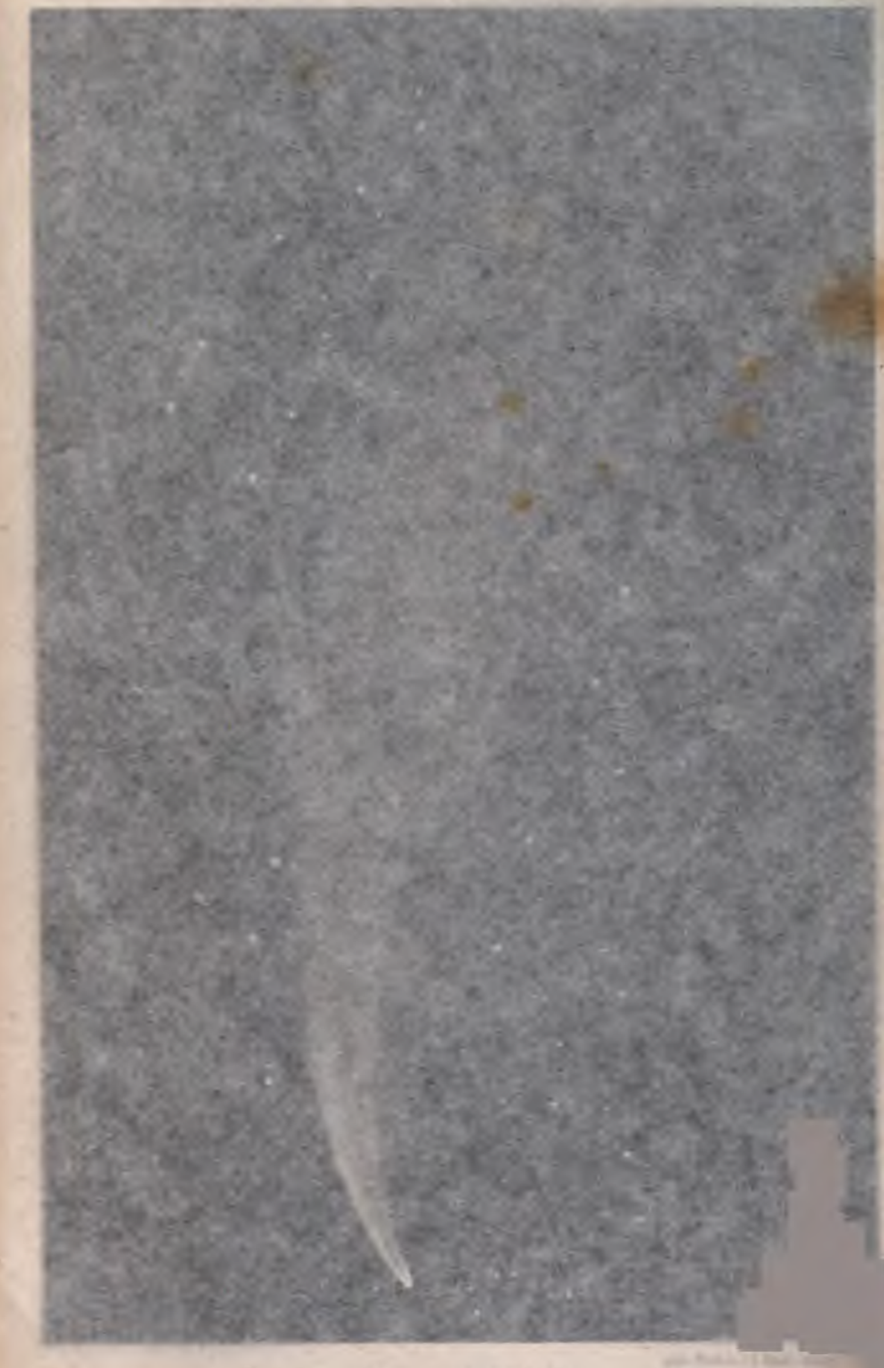


9. October 15 $6^h 45'$
10. October 20 $6^h 26'$
11. October 22 $6^h 3^m$
12. October 25 $6^h 4^m$



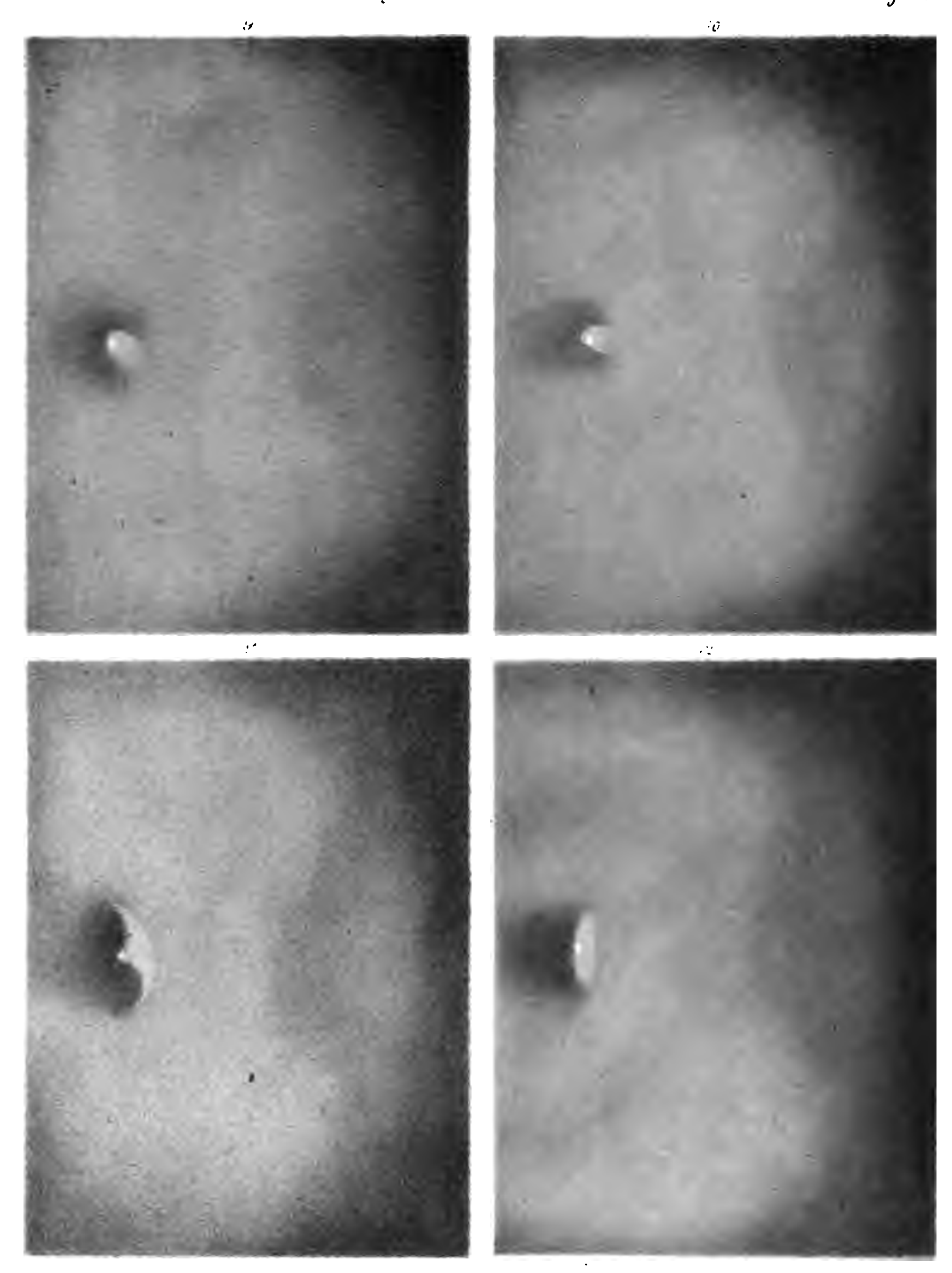


Donati'scher Comet



1858 Oct 9 6h 45m





9 October 15 6h 45'
10. October 20. 6h 20'
11 October 22. 6h 3[illegible]
12 October 25 6h [illegible]



Heller Comet von 1862. beobachtet von Winnecke



Septb 1. 8h



Septb 1 8h

Fig. I.

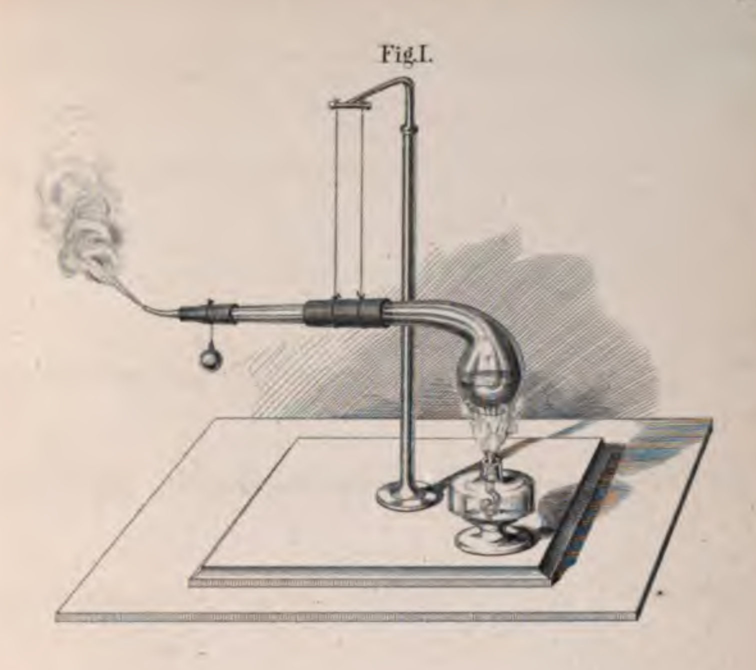
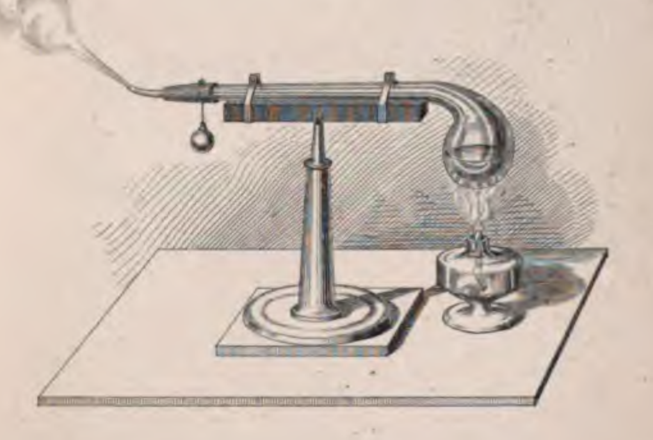


Fig. II.



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



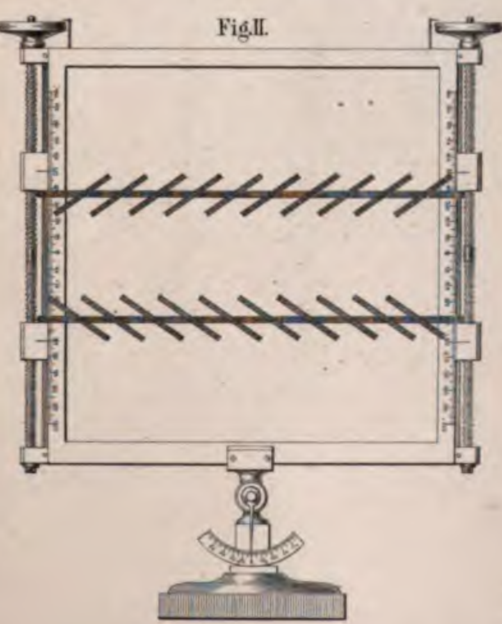
Fig. I.



Die horizontalen Linien sind vollkommen gerade und parallel.

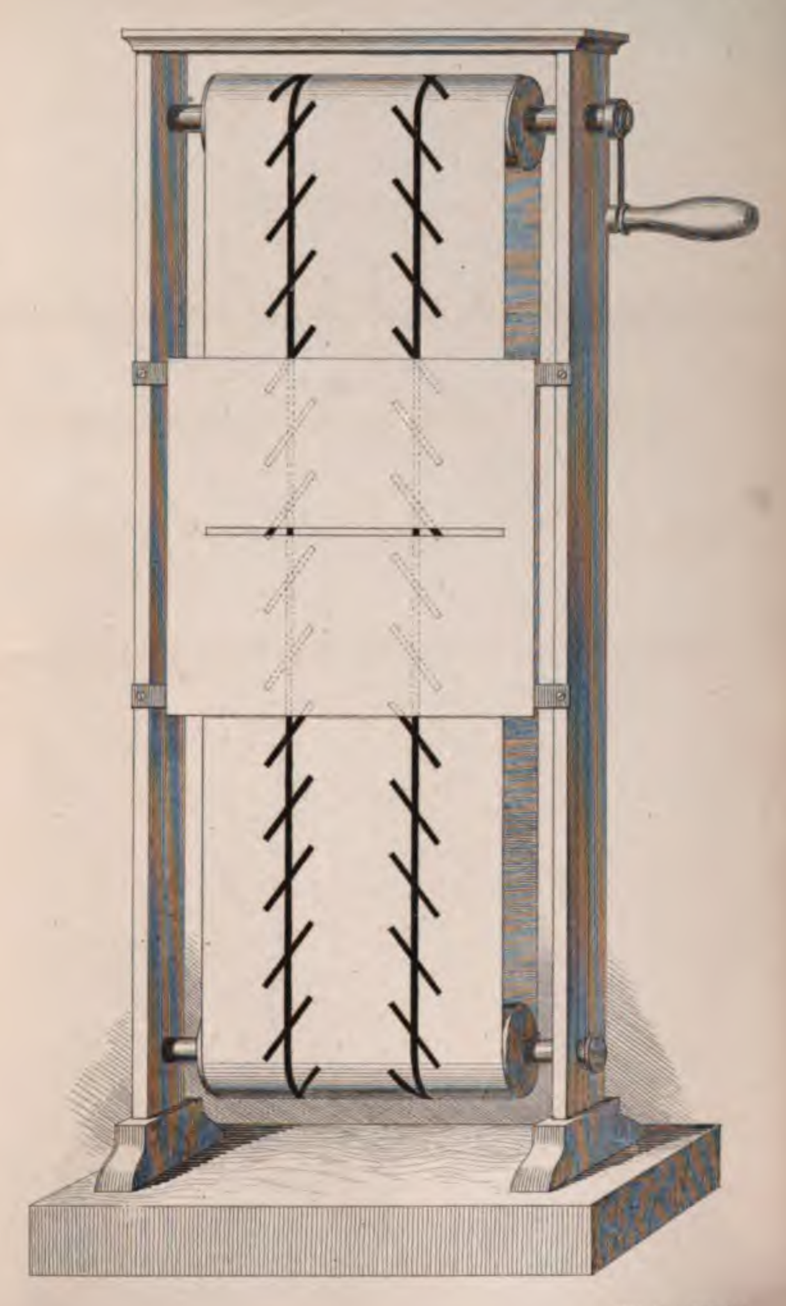


Fig. II.

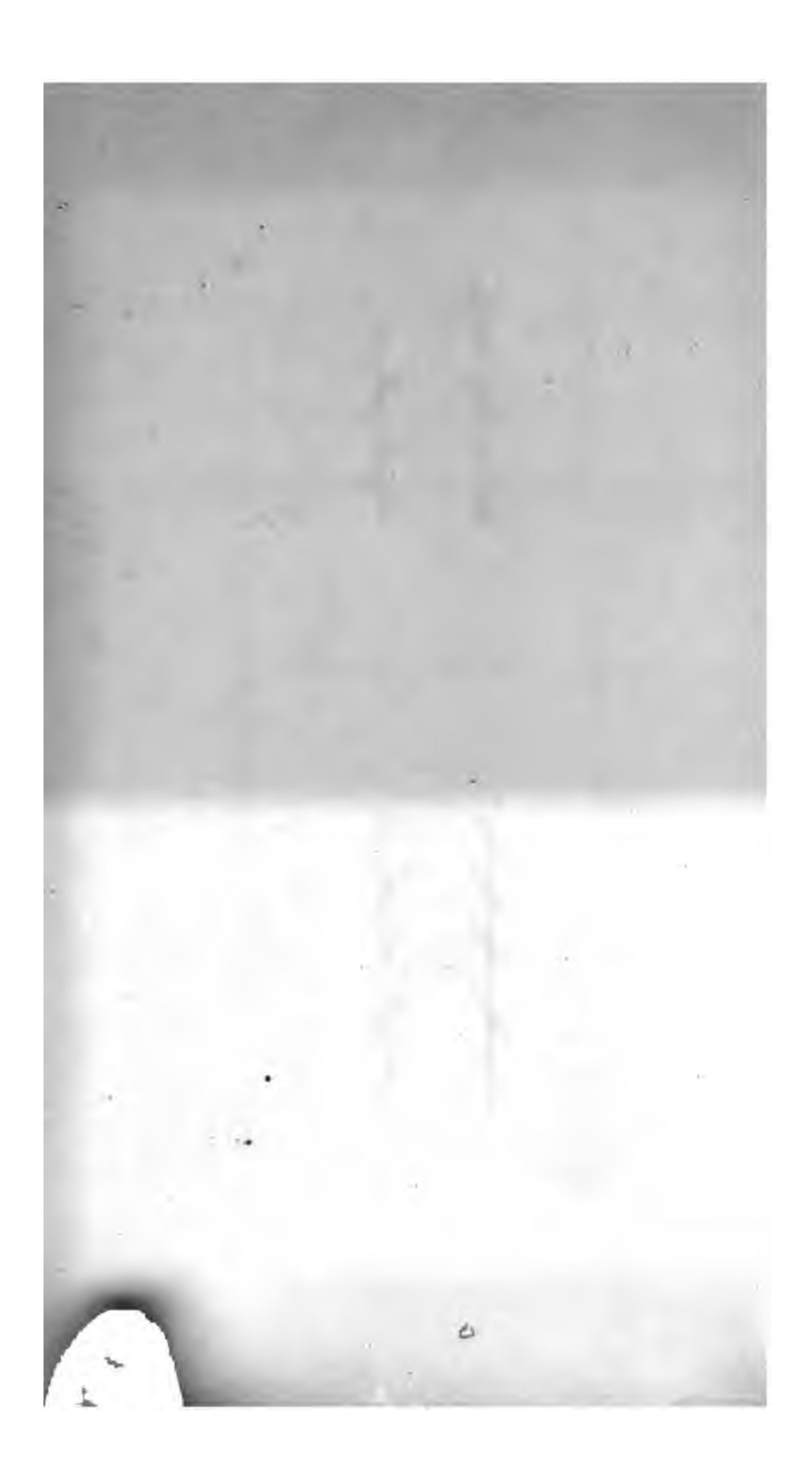




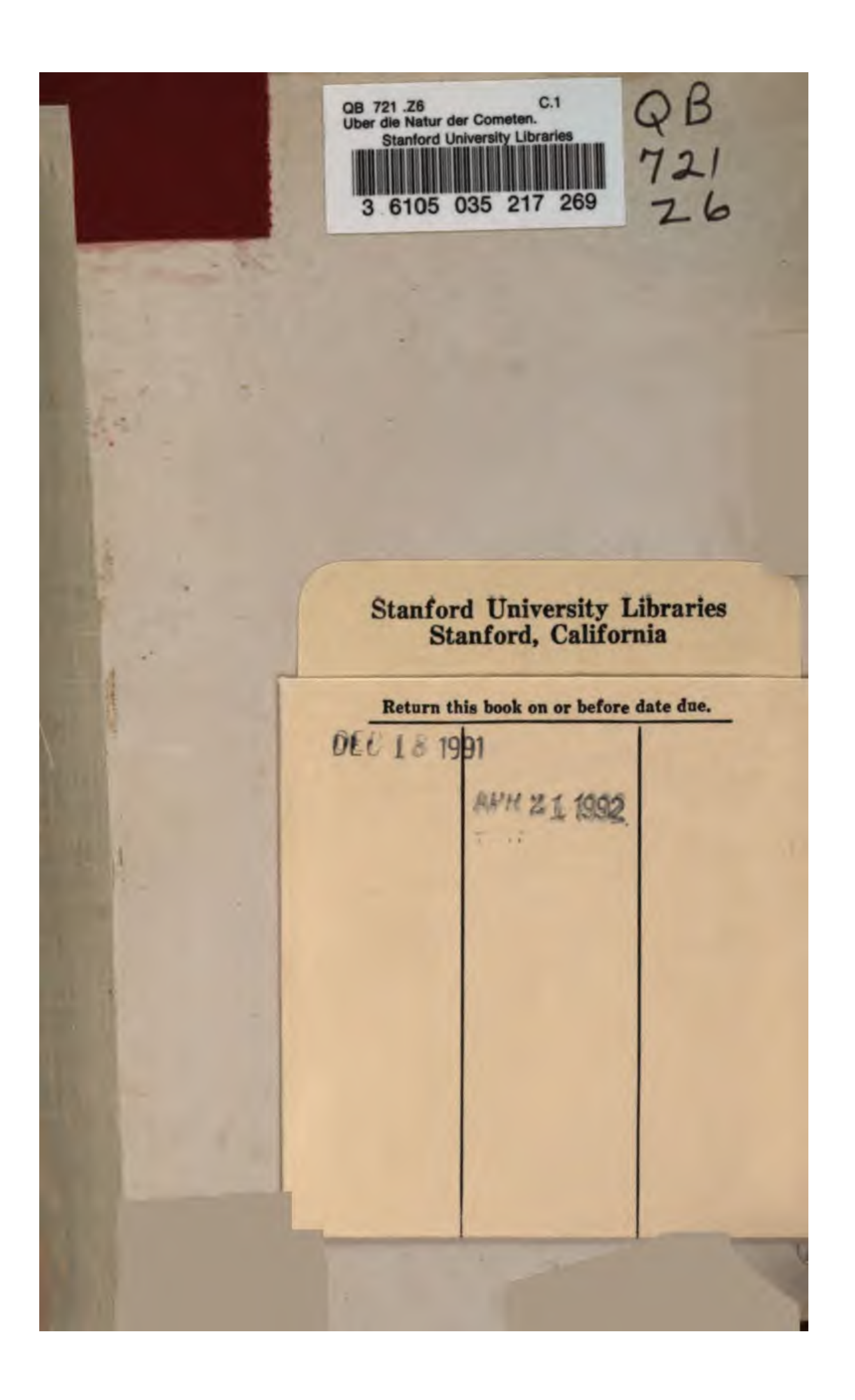
Taf. X.



Lith. Anst. v. J. G. Bach, L.







QB 721 .Z6 C.1
Uber die Natur der Cometen.
Stanford University Libraries
3 6105 035 217 269
QB
721
Z6
Stanford University Libraries
Stanford, California
Return this book on or before date due.
DEC 18 1991
APR 21 1992

